

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí

**Střešní konstrukce sportovní haly ze dřeva a materiálů na
jeho bázi**

The sport hall roof structure of wood and wood based materials

Student:

Bc. Jiří Majer

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.

Ostrava 2017

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Majer**
Studijní program: N3607 Stavební inženýrství
Studijní obor: 3607T037 Konstrukce staveb
Téma: **Střešní konstrukce sportovní haly ze dřeva a materiálů na jeho bázi**
The sport hall roof structure of wood and wood based materials
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

- 1) rešerše konstrukčních systémů zastřešení sportovních hal;
- 2) návrh dispozičního řešení navrhovaného objektu,
- 3) stanovení zatížení a vnitřních sil navrhované konstrukce;
- 4) návrh a statický posudek zastřešení sportovní haly;
- 5) výkresová dokumentace,

Seznam doporučené odborné literatury:


- 1) ČSN EN 1990, Eurokód: Zásady navrhování konstrukcí;
- 2) ČSN EN 1995-1-1, Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby;
- 3) ČSN 73 1702: Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebních konstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby;
- 4) Koželouh, B., Dřevěné konstrukce podle Eurokódů 5, STEP 1, Navrhování a konstrukční materiály;
- 5) Koželouh, B., Dřevěné konstrukce podle Eurokódů 5, STEP 2, Navrhování detailů a nosných systémů.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.**

Datum zadání: 28.02.2017

Datum odevzdání: 01.12.2017


doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Radim Čajka, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

Bc. Jiří Majer

Prohlašuji:

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Souhlasím s tím že, jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněné v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Bc. Jiří Majer

Anotace

MAJER, Jiří. Střešní konstrukce sportovní haly ze dřeva a materiálů na jeho bázi. Ostrava, 2017. Diplomová práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, 120 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Kristýna Vavrušová, Ph.D.

Hlavní náplní práce je zpracování navržené konstrukce do výpočetního modelu ve 3D. Dále se práce zabývá návrhem spojů. Hlavní konstrukce je tvořena z materiálů na bázi dřeva s ocelovými spojovacími prvky. Všechny výpočty byly provedeny dle stávajících platných norem ČSN EN a konstrukce vyhovuje na mezní stav použitelnosti i mezní stav únosnosti.

Klíčová slova

Sportovní hala, střecha, statika, návrh konstrukce, posouzení konstrukce, mezní stav

Annotation

The main focus of this thesis is a design of a 3D model of roof structure of a sport hall. The work also deals with design of decisive supporting connections of the roof structure. The construction is made from wooden-based materials with steel connections elements.

All the calculations were made according to valid ČSN EN standards. The construction is convenient for limit state of applicability and for limit state of tolerability.

Keywords

Sport hall, roof, stability, motion of construction, structure assessment, limit state

Obsah

1 Úvod.....	1
2 Přehled konstrukčních typů střech sportovních hal.....	2
2.1 Úvod do konstrukčních typů střech.....	2
2.2 Standartní konstrukční systémy sportovních hal.....	2
2.2.1 Vazníkové konstrukce	2
2.2.2 Přetlakové haly	6
2.2.3. Rámové soustavy.....	6
3 Dispoziční řešení velké haly a malé haly se zázemím	8
3.1 Dispoziční řešení velké haly	9
3.2 Dispoziční řešení malé haly	11
4 Konstrukční řešení hal.....	14
4.1 Popis konstrukčního řešení zastřešení.....	14
4.2 Konstrukční řešení spojů.....	17
4.3 Řešení konstrukce nosných stěn, tribun a přiček	21
4.4 Skladba podlah	21
5 Základní vlastnosti objektu a materiálů, výpočet zatížení	24
5.1 Shrnutí základních údajů objektu	24
5.1.1 Základní údaje o konstrukci	24
5.1.2 Navržené konstrukční prvky	25
5.2 Materiálové charakteristiky.....	25
5.3 Zatížení.....	29
5.3.1 Stálé zatížení	29
5.3.2 Skladby.....	29
5.3.3 Výpočet zatížení na roznášecí šířku $a_k = 1$ m.....	30
5.4 Užité zatížení.....	30
5.4.1 Zatížení na nosníky a trámy	30

5.5	Proměnná zatížení	30
5.5.1	Zatížení sněhem.....	30
5.5.2	Výpočet tvarového součinitele	31
5.5.3	Výpočet zatížení sněhem.....	31
5.5.3	Zatížení větrem.....	33
5.5.4	Výpočet pro velkou halu	34
5.5.4	Výpočet pro malou halu	34
5.5.8	Výsledné tlaky větru na konstrukce střech.....	39
6	Popis modelu	40
7	Zatěžovací stavy	41
7.1	Skladba a vlastní tíha.....	41
7.2	Sněhové zatížení.....	42
7.3	Větrné zatížení.....	44
8	Statický výpočet rozhodujících nosných prvků dle 1.mezního stavu	45
8.1	Obloukové nosníky	46
8.1.1	Nosníky velké haly.....	46
8.1.2	Nosníky malé haly.....	51
8.2	Příčné trámy	56
8.2.1	Trámy velké haly.....	56
8.2.2	Trámy malé haly.....	59
8.3	Ocelový prstenec	61
8.3.1	Prstenec velké haly.....	62
8.3.2	Prstenec malé haly.....	65
8.4	Ztužení konstrukce střechy.....	68
9	Statický výpočet konstrukcí dle 2. mezního stavu	69
9.1	Nosníky	70
9.1.1	Nosníky velké haly.....	70

9.1.2 Nosník malé haly.....	71
9.2 Mezi nosníkové trámy	72
9.2.1 Mezi nosníkové trámy velké haly	72
9.2.2 Mezi nosníkové trámy malé haly	73
10 Návrh a posouzení vybraných spojů nosných prvků střechy	75
10.1 Posouzení kotevních šroubů.....	75
10.2 Posouzení čepových spojení.....	75
10.2.1 Posouzení čepového spoje v dolní části velké haly.....	75
10.2.2 Posouzení čepového spoje v horní části velké haly	77
10.2.3 Posouzení čepového spoje v dolní části malé haly	79
10.2.4 Posouzení čepového spoje v horní části malé haly	81
10.3 Posouzení svorníků	83
10.3.1 Posouzení svorníku velké haly dolní spoj	83
10.3.2 Posouzení svorníku velké haly horní spoj	84
10.3.3 Posouzení svorníku malé haly dolní spoj	86
10.3.4 Posouzení svorníku malé haly horní spoj.....	87
11 Závěr.....	89
12 Seznam obrázků	91
13 Seznam tabulek	93
14 Seznam použitých pramenů	94
15 Seznam výkresů.....	96
16 Seznam příloh.....	97
17 Přílohy	98

Seznam použitých zkratek a symbolů

Písmena velké latinské abecedy

A	plocha [mm ²]
A_{vz}	plocha ve směru smyku [mm ²]
A^*	plocha vymezná střednicí průřezu [mm ²]
C_e	součinitel expozice [-]
C_t	tepelný součinitel [-]
$E_{0,mean}$	průměrná hodnota modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny [MPa]
$E_{0,05}$	hodnota 5% kvantilu modulu pružnosti rovnoběžně s vlákny [MPa]
$E_{90,mean}$	průměrná hodnota modulu pružnosti kolmo k vláknům [MPa]
$EI_{y,mean}$	tuhost v ohybu [MPa]
$F_{v,Rk}$	charakteristická únosnost pro spojovací prostředek [kN]
$F_{v,Rd}$	návrhová únosnost pro spojovací prostředek [kN]
$GA_{y, mean}$	tuhost ve smyku [MN]
I_y	moment setrvačnosti k ose y [mm ⁴]
I_z	moment setrvačnosti k ose z [mm ⁴]
I_v	intenzita turbulence [-]
$L_{cr,y}$	vzpěrná délka k ose y [mm]
$L_{cr,z}$	vzpěrná délka k ose z [mm]
L	délka prvku [mm]
$M_{ap,k}$	hodnota charakteristického momentu ve vrcholu vazníku [kNm]
$M_{y,k}$	hodnota charakteristického momentu [kNm]
R	výsledná smyková síla ve spoji [kN]
V_b	celkový objem nosníku [m ³]
V	namáhaný objem ve vrcholové části [m ³]
V_k	hodnota charakteristické únosnosti ve smyku [kN]
V_0	referenční objem rovnající se 0,01 m ³
V_t^*	posouvající síla vyvolávající napětí od kroutícího momentu M_x [kN]
W_y	průřezový modul k ose y [mm ³]
W_z	průřezový modul k ose z [mm ³]

Písmena malé latinské abecedy

a_k	roznášecí šířka [m]
$a_{3,c}$	vzdálenost spojovacího prostředku od nezatíženého konce [mm]
$a_{3,t}$	vzdálenost spojovacího prostředku od zatíženého konce [mm]
$a_{4,c}$	vzdálenost spojovacího prostředku od nezatíženého okraje [mm]
$a_{4,t}$	vzdálenost spojovacího prostředku od zatíženého okraje [mm]
b	šířka [m]
c_{dir}	součinitel směru větru [-]
c_{season}	součinitel sočního období [-]
c_0	součinitel ortografie [-]
c_{pe}	součinitel vnějších tlaků [-]
c_{pi}	součinitel vnitřních tlaků [-]
c_r	Součinitel drsnosti terénu [-]
d	průměr [mm]
e	excentricita [mm]
f	hodnota vzepětí nosníku [mm]
$f_{m,k}$	charakteristická pevnost v ohybu [MPa]
$f_{m,d}$	návrhová pevnost v ohybu [MPa]
$f_{t,0,k}$	charakteristická pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny [MPa]
$f_{t,0,d}$	návrhová pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny [MPa]
$f_{c,0,k}$	charakteristická pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny [MPa]
$f_{c,0,d}$	návrhová pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny [MPa]
$f_{c,90,k}$	charakteristická pevnost v tlaku kolmo na vlákna [MPa]
$f_{c,90,d}$	návrhová pevnost v tlaku kolmo na vlákna [MPa]
$f_{h,0,k}$	charakteristická hodnota pevnosti v otlačení [MPa]
$f_{v,k}$	charakteristická pevnost ve smyku [MPa]
$f_{v,d}$	návrhová pevnost ve smyku [MPa]
$f_{u,k}$	charakteristická pevnost oceli [MPa]
g_k	charakteristická hodnota zatížení [kN/m ²]
g_d	návrhová hodnota zatížení [kN/m ²]
h	výška [m]
i_y	poloměr setrvačnosti k ose y [mm]
$k_{1,2,3,4}$	součinitele pro tvar obloukového nosníku [-]

k_{90}	součinitel zohledňující uspořádání zatížení [-]
k_{dis}	součinitel zohledňující účinek rozdělení napětí ve vrcholové části [-]
k_{mod}	modifikační součinitel zohledňující vliv trvání zatížení a vlhkosti [-]
k_{cr}	součinitel trhlin pro únosnost ve smyku [-]
k_{def}	modifikační součinitel dotvarování pro průhyb [-]
k_m	součinitel zohledňující redistribuci ohybových napětí v průřezu [-]
k_r	součinitel terénu [-]
k_I	součinitel turbulence [-]
$k_{c,z}$	součinitel vzpěru k ose z [-]
$k_{c,y}$	součinitel vzpěru k ose y [-]
k_{vol}	součinitel objemu [-]
l	délka spojovacího prostředku [mm]
n	minimální počet spojovacích prostředků [ks]
q_k	charakteristická hodnota nahodilého zatížení [kN/m]
q_d	návrhová hodnota nahodilého zatížení [kN/m]
q_p	charakteristický maximální dynamický tlak [kN/m ²]
s	charakteristická hodnota zatížení sněhem [kN/m ²]
s_k	charakteristická hodnota zatížení sněhem na zemi [kN/m ²]
s_{k1}	charakteristická hodnota pro navátý sníh [kN/m]
s_{k2}	charakteristická hodnota pro navátý sníh [kN/m]
t	tloušťka prvku [mm]
t_1	tloušťka kleštin [mm]
t_2	tloušťka krokví [mm]
$v_{b,0}$	výchozí základní rychlost větru [m/s]
v_b	základní rychlost větru [m/s]
v_m	střední rychlost větru [m/s]
w_k	výsledný tlak větru [m/s]
w_{inst}	okamžitý průhyb [mm]
w_{fin}	konečný průhyb [mm]
z_0	parametr drsnosti terénu [m]
z_{min}	minimální výška [m]

Písmena malé řecké abecedy

α	sklon střechy [°]
----------	-------------------

β_c	součinitel přímosti [-]
β	poměr pevnosti v otláčení [-]
$\lambda_{y,z}$	štíhlost k příslušné ose [-]
$\lambda_{rel,y,z}$	poměrná štíhlost k příslušné ose [-]
ρ_k	charakteristická hustota [kg/m ³]
ρ_{mean}	průměrná hodnota hustoty [kg/m ³]
$\sigma_{c,0,d}$	návrhové napětí v tlaku podél vláken [MPa]
$\sigma_{m,y,d}$	návrhové napětí v ohybu k ose y [MPa]
$\sigma_{c,90,d}$	návrhové napětí v tlaku kolmo k vláknům [MPa]
$\sigma_{t,0,d}$	návrhové napětí v tahu rovnoběžně s vlákny [MPa]
$\tau_{v,d}$	návrhové napětí ve smyku [MPa]
$\tau_{v,y}$	napětí ve smyku k ose y [MPa]
$\tau_{v,z}$	napětí ve smyku k ose z [MPa]
γ_M	součinitel bezpečnosti [-]
μ_1	tvarový součinitel střechy [-]
μ_3	tvarový součinitel střechy [-]

1 Úvod

Hlavním tématem diplomové práce je konstrukční řešení sportovní haly se střechou tvaru kopule. Navržené konstrukční řešení je zpracováno v programu SCIA Engineer, jako 3D model. Hlavní nosná konstrukce je navržena z nosníků z lepeného lamelového dřeva. Posouzeny a navrženy jsou také nosné spoje střešní konstrukce, které kombinují dřevo s ocelí. Práce řeší také objekt haly a objekt zázemí jako celku, z pohledu architektonické koncepce, dispozičního řešení, návaznosti na okolní zástavbu včetně návaznosti na stávající sportovní areály v okolí haly v souladu s koncepcí Národních olympijských center Českého olympijského výboru.

V práci je obsažena také část zmiňující různé možnosti zastřešení sportovních hal, objevujících se u nás ale i ve světě.

Veškeré statické výpočty jsou provedeny dle platných norem ČSN EN [8], [9], [10], [11], [12], [13]. K výpočtu a návrhu konstrukce byly využity programy SciaEngineer 17, ArchiCad 20, AutoCad 2012, Microsoft Excel a Lumion 8.



Obr. 1: Skica venkovního pohledu na haly

2 Přehled konstrukčních typů střech sportovních hal

2.1 Úvod do konstrukčních typů střech

Zastřešení sportovních hal je velmi různorodé, je možno setkat se se stavbami, u kterých je kladen důraz na maximální jednoduchost a funkčnost konstrukce až po pokusy oslovit každého krácejícího kolem. Ve většině případů je možno se setkat s vazníkovými příhradovými konstrukcemi dřevěného nebo ocelového typu. Tento systém je vhodný především na větší rozpory, které je nutno u těchto objektů překlenout, běžně kolem 30 m.

Jedním z dalších systému, který je velmi zajímavý svým řešením a často využíván např. u tenisových kurtů v zimním období, jsou přetlakové haly, kdy je využito vnitřního přetlaku o hodnotě cca 300 pa. Z pohledu konstrukčního hlediska nejsložitějším systémem jsou velkokapacitní arény, stadiony, kde je možno se jen zřídka setkat i s konstrukčními systémy umožňující otvírat a zavírat celou střechu. V poslední době se můžeme setkat i se systémy z lepeného lamelového dřeva, které nám umožňují překonávat velké rozpory a především umožňuje architektonicky zajímavé ztvárnění stavby.

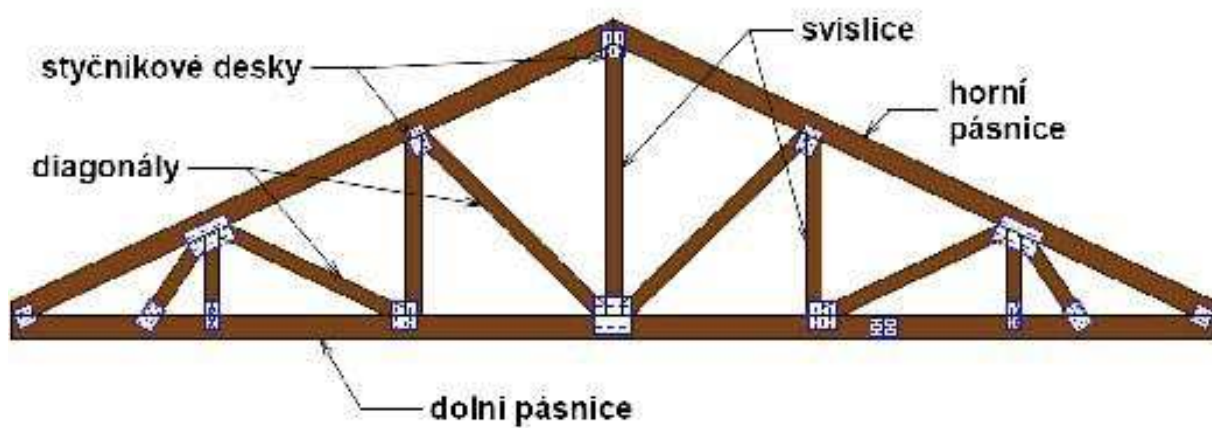
2.2 Standartní konstrukční systémy sportovních hal

2.2.1 Vazníkové konstrukce

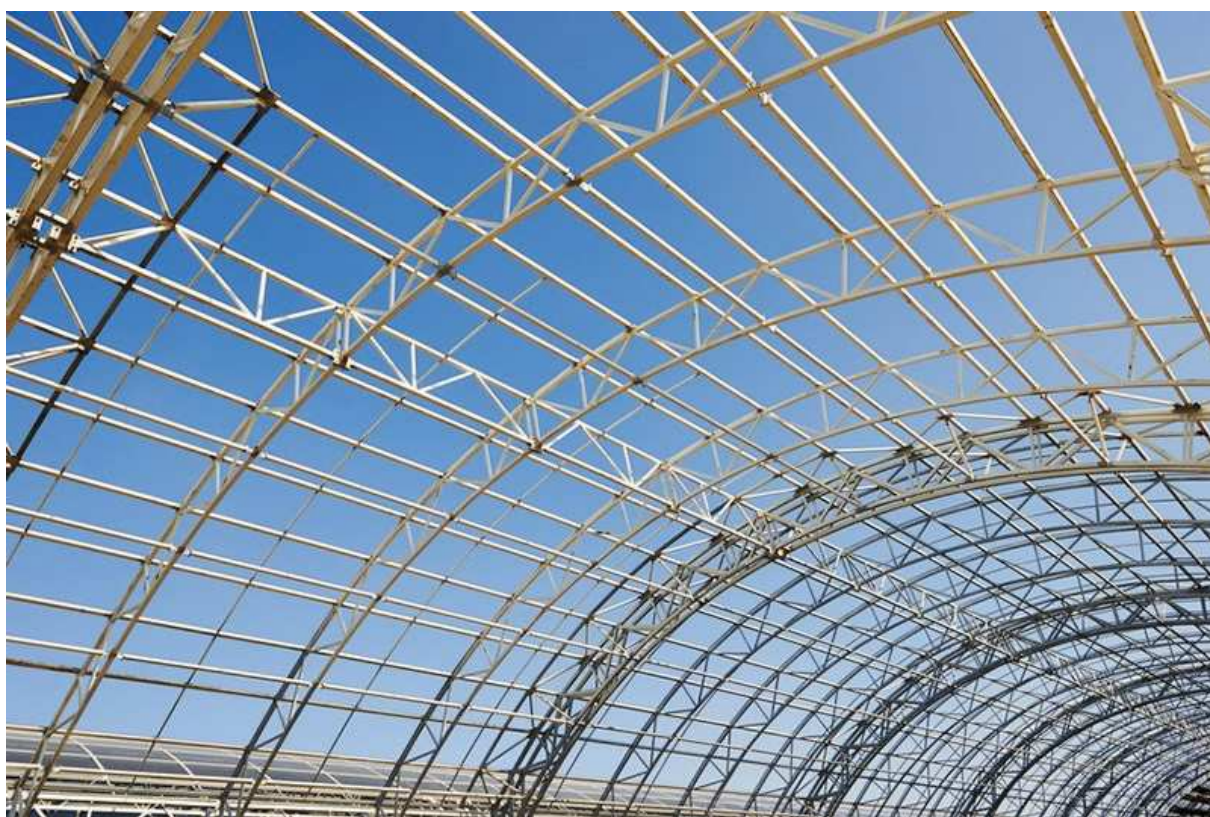
Vazníkové konstrukce je možno dělit do tří skupin podle konstrukčního řešení, jedná se o vazníky plnostěnné, vylehčené a především příhradové, které jsou velmi vhodné pro velké rozpory.

Jak již bylo zmíněno výše, výhodou příhradových vazníkových konstrukcí je díky vhodnému geometrickému uspořádání možnost překlenout velké rozpory za pomoci relativně subtilních prvků konstrukce. Typický dřevěný vazník je možno vidět na obrázku 2. Díky subtilním prvkům příhradových systémů vznikají, vzhledem ke svým rozměrům, relativně lehké nosné konstrukce. Další nezanedbatelnou výhodou je prefabrikace těchto vazníků, čímž lze docílit nižší ceny a rychlejší realizaci konstrukce. Z prefabrikace také může vyplývat jistá zkušenost dodavatele s daným typem konstrukce a tedy i celková propracovanost navazujících detailů zastřešení. Zastřešení bývá většinou pultového nebo sedlového tvaru. U konstrukcí z

lepeného lamelového dřeva nebo oceli lze ale docílit různých tvarů zastřešení. Další možné tvary konstrukce z oceli a dřeva je možno vidět na obrázcích 3 a 4.



Obr. 2: Dřevěná vazníková konstrukce [1]



Obr. 3: Ocelová příhradová konstrukce [2]



Obr. 4: Dřevěná oblouková konstrukce [3]

Pomocí systému z vazníků a popř. táhel je možno vytvořit architektonicky zajímavé, a co do velikosti rozsáhlé stavby, jakou je bezpochyby vysočanská aréna v Praze. Tato hala byla vystavěna pro potřeby mistrovství světa v ledním hokeji. Její střecha má tvar kulového vrchlíku o průměru 135 m. Celkové vzepětí střechy dosahuje hodnoty 9 m. Samotná nosná konstrukce je tvořena 36 radiálními trubkovými příhradovými vazníky s předpjatými táhly. Tato táhla se sbíhají do kruhového příhradového válce o průměru 18 m a výšce 12,3 m. Konstrukce je ztužena svislými ztužidly v centrických kruzích. Celá konstrukce je uložena na nosné betonové konstrukci s předpjatými průvlaky. Na obrázku 5 je zobrazen montážní stav této konstrukce.

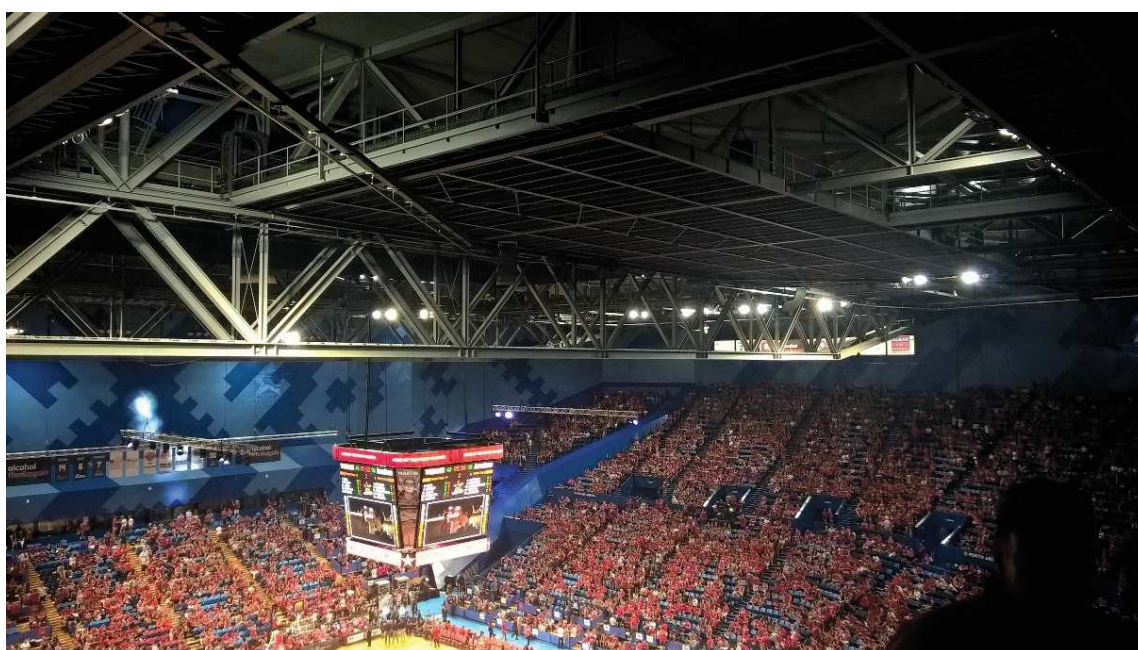


Obr. 5: Ocelová konstrukce vysočanské arény při montáži [5]

Další halou, která je řešena pomocí ocelových příhradových vazníků je Perth Arena v Austrálii. Její koncepce zastřešení dokonce umožňuje otvírání a zavírání střechy, což je v často pekelném prostředí Austrálie velmi vítanou možností. Konstrukce haly je zobrazena na obrázcích 6 a 7.



Obr. 6: Pohled na konstrukci otvíravé střechy Perth Arena [6]



Obr. 7: Vnitřní řešení arény

2.2.2 Přetlakové haly

Přetlakové haly, jak už z názvu vyplývá, využívají přetlaku uvnitř haly, který se pohybuje okolo 300 *pa*. Jedním z charakteristických prvků těchto hal je vstup přes takzvaný otočný čtyřkřídlý karusel nebo přetlakovou komoru. Tyto konstrukce mají jako hlavní nosnou část pláště světlopropustnou folii. Stavby jsou vyztuženy pomocí sítě ocelových lan, díky nimž je také dosaženo požadovaného tvaru objektu. Ocelová lana mají také funkci statickou, kdy se zatížení pláště přenáší pomocí lan do podloží. Kotvení lan je možné řešit několika způsoby. Nejčastěji je toto řešeno pomocí ocelových kotev, které jsou beraněním zakotveny do podloží. Často je možno najít takové systémy, které jsou během letních měsíců lehce demontovány a poté při příchodu zimního období znovu sestaveny. Ukázka tohoto typu konstrukce je zobrazena na obrázku 8.



Obr. 8: Přetlaková hala [4]

2.2.3. Rámové soustavy

U systémů rámových soustav je používáno více možností spojení jednotlivých dílů a vytvoření tak např. spojitě rámové konstrukce, vetknutého rámu, dvoj popř. trojkloubového rámu, konzolového rámu, atd.. Co se materiálů týče jsou používány betonové, ocelové i dřevěné prvky.

U sportovních hal využívající rámovou soustavu je běžné se setkat s využitím lepeného lamelového dřeva. Hlavní výhodou lepeného lamelového dřeva je možnost vytvoření prvků velkých rozměrů, délek a především možnost jejich formování a ohýbání do architektonicky velmi zajímavých tvarů.

Tuto skutečnost ocení především architekti, kteří tak mohou naplno popustit uzdu své fantazii. Výhody těchto konstrukcí jsou značné, jde především o homogennější skladby průřezu tím dosažení vyšších hodnot mechanických vlastností. Vysoká odolnost proti vzniku trhlin v porovnání s řezaným dřevem. U standardních lepených lamelových nosníků se dosahuje délky cca až 40 m. Šířka nosníku z lepeného lamelového dřeva může dosahovat 240 mm, při požadavcích na větší šířku se nosníky spojují k sobě. A to buď lepením nebo pro šroubováním k sobě. Výška lepených lamelových nosníků dosahuje i 2 m. Rámová konstrukce s využitím lepeného lamelového dřeva, je zobrazena na obrázku 9. Lepeného lamelového dřeva je využito také pro konstrukci zastřešení v této diplomové práci.

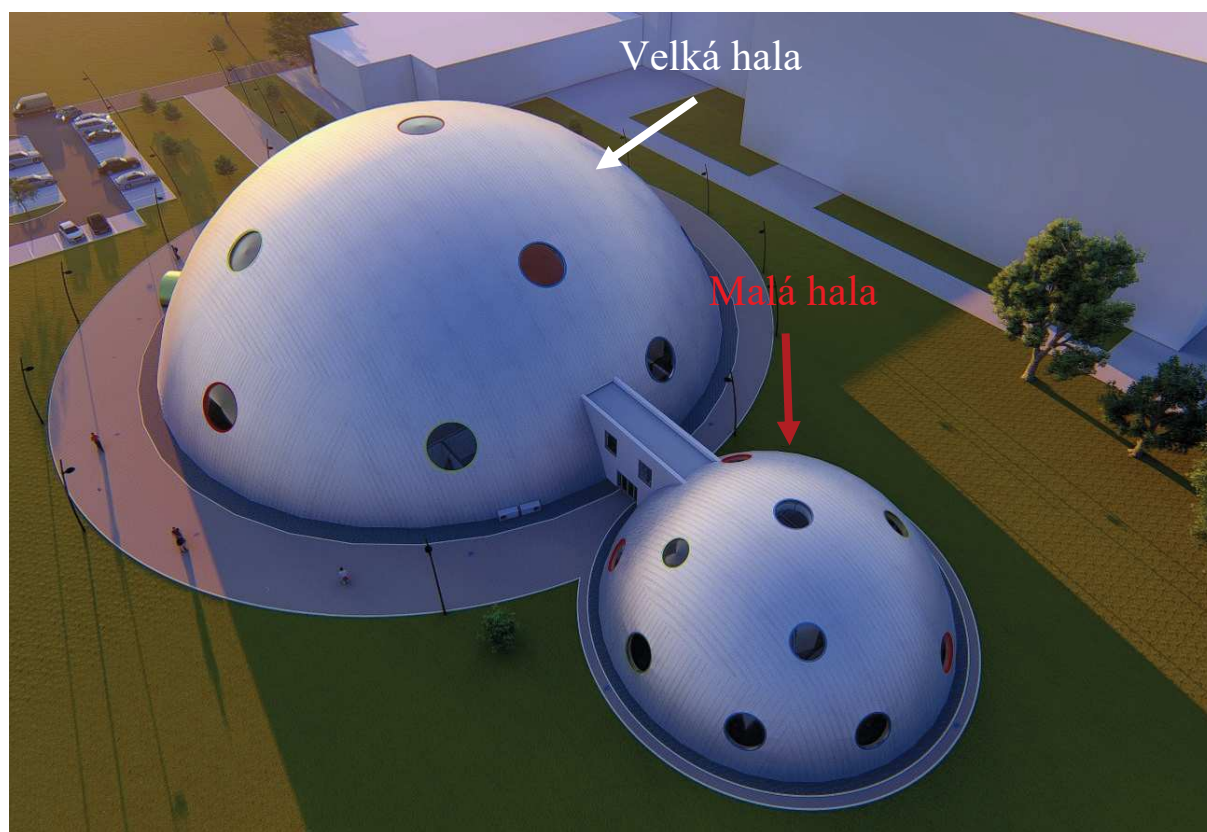


Obr. 9: Sportovní hala z lepeného lamelového dřeva [7]

3 Dispoziční řešení velké haly a malé haly se zázemím

V rámci diplomové práce jsou zpracovány také vnitřní dispozice velké i malé haly. Malá hala tvoří zázemí pro hlavní, velkou halu. Velká a malá hala jsou navzájem propojeny dvoupodlažním spojovacím tunelem. Hala bude sloužit hlavně pro potřeby halových sportů jakou je např. házena, florbal, basketbal atd., další možností je využití haly pro koncerty s kapacitou 2 000 diváků.

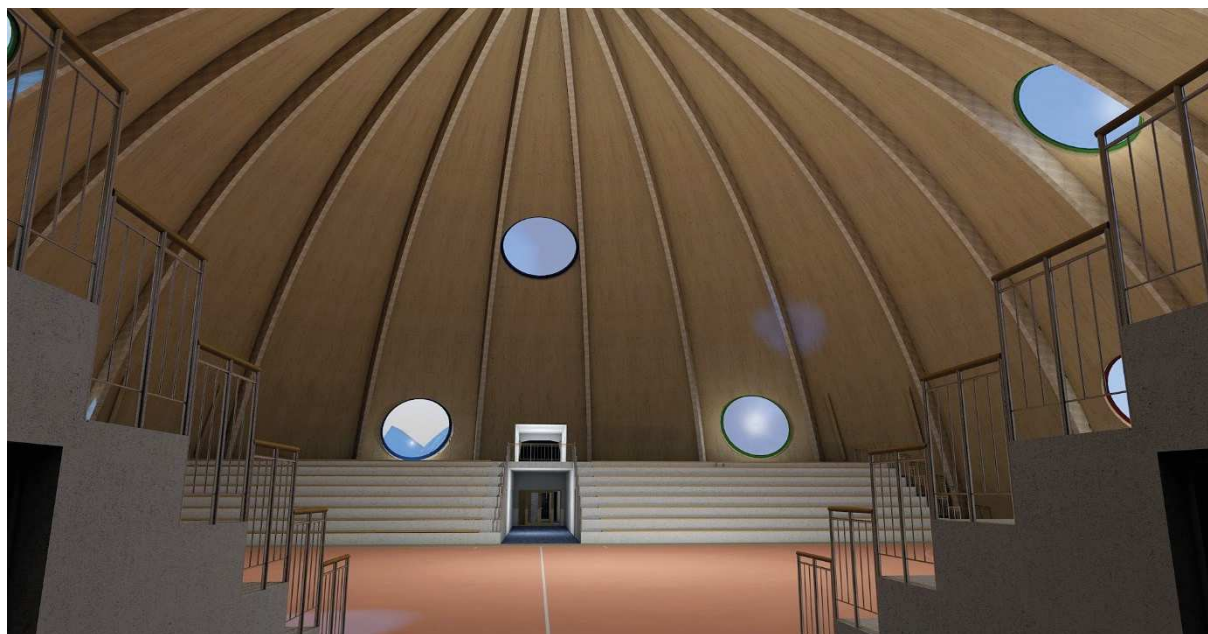
Velká hala je kruhového půdorysu o vnitřním průměru 54 m. Vnitřní výška haly dosahuje ve vrcholu výšky 19,03 m. Malá hala je o vnitřním průměru 23,25 m. Výška této haly dosahuje 9 m. Celková zastavěná plocha velké haly je 2 396,67 m², zastavěná plocha malé haly 462,01 m², zastavěná plocha spojovacího tunelu 15,80 m². Celková plocha tedy činí 2874,48 m². Vizualizace obou hal je vidět na obrázku 10.



Obr. 10: Venkovní vizualizace velké a malé haly

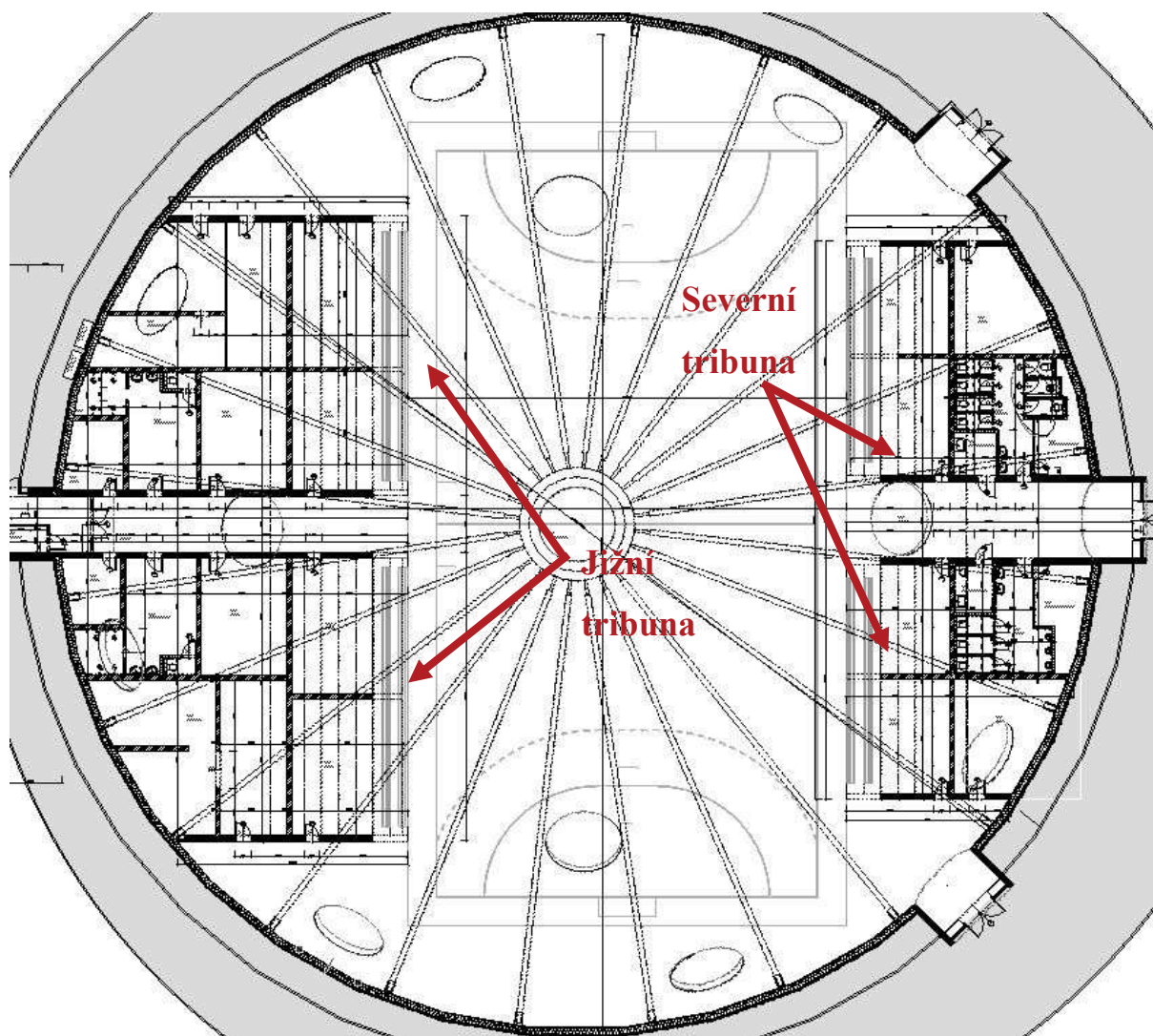
3.1 Dispoziční řešení velké haly

Vstup do hlavní haly je pomocí tří vstupů ze severní části. Při vstupu ze severozápadního vstupu se po pravé straně nachází tribuna s dvěma vstupy pod tribunu. Tyto místnosti budou využívány především jako sklady pro potřeby sportovního náradí popř. pro potřeby sportovních mužstev. Prostředním vstupem se dostáváme do prostorů chodby, ze které jsou možné vstupy do technických místností, toalet pro muže a ženy a také dvou bezbariérových WC určených pro osoby pohybující se na vozíku. Zbylé dvě místnosti jsou opět sklady. Poslední vstup ze severovýchodní strany je obdobou vstupu ze severozápadní strany. Všechny vstupy jsou v úrovni hlavního hřiště. Tribuna je tvořena ze dvou částí a je oddělena již zmíněnou chodbou. Kapacita severní tribuny je cca 352 sedících diváků. Vizualizaci vnitřní části s pohledem na jižní tribunu je možno vidět na obrázku 11.



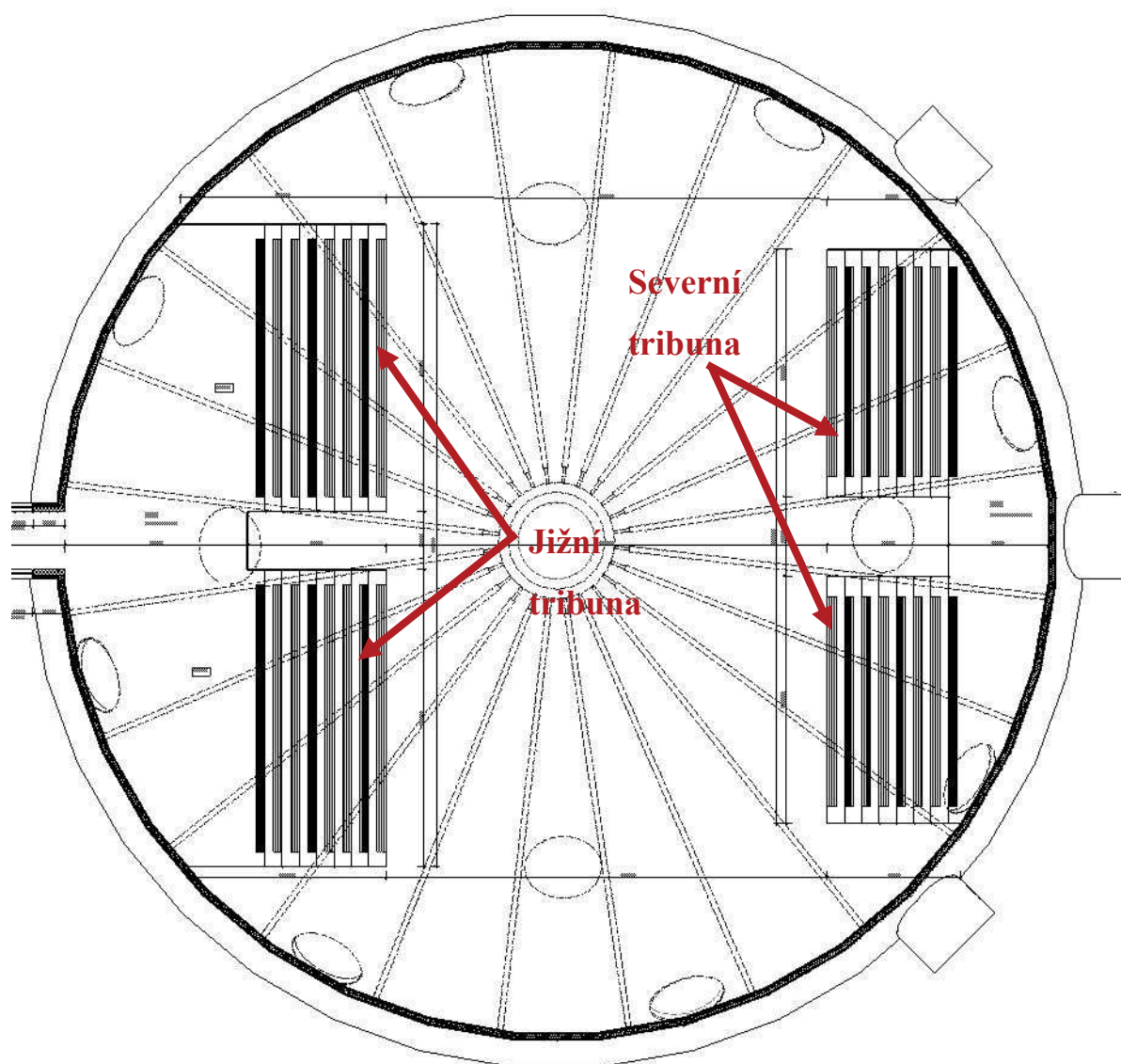
Obr. 11: Vizualizace vnitřní části velké haly s pohledem na jižní tribunu

Mezi severní a jižní tribunou je hlavní hrací plocha o rozměrech 40 x 20 m s manipulačním prostorem okolo tribun 1,5 m. Jižní tribuna je také rozdělena chodbou, která dále pokračuje do spojovacího tunelu mezi malou a velkou halou. Pod jižní tribunou se nacházejí prostory osmi skladů, dvou šaten i s hygienickým zázemími, technická místnost a posilovna. Jižní část velké haly je spojena s menší halou jak v přízemí, tak přes vrch jižní tribuny spojovacím tunelem. Ve spodní části spojovacího tunelu se nachází vrátnice a dva vstupy z venkovní části. Zmenšený půdorys 1.NP velké haly je možno vidět na obrázku 12.



Obr. 12: Půdorys velké haly

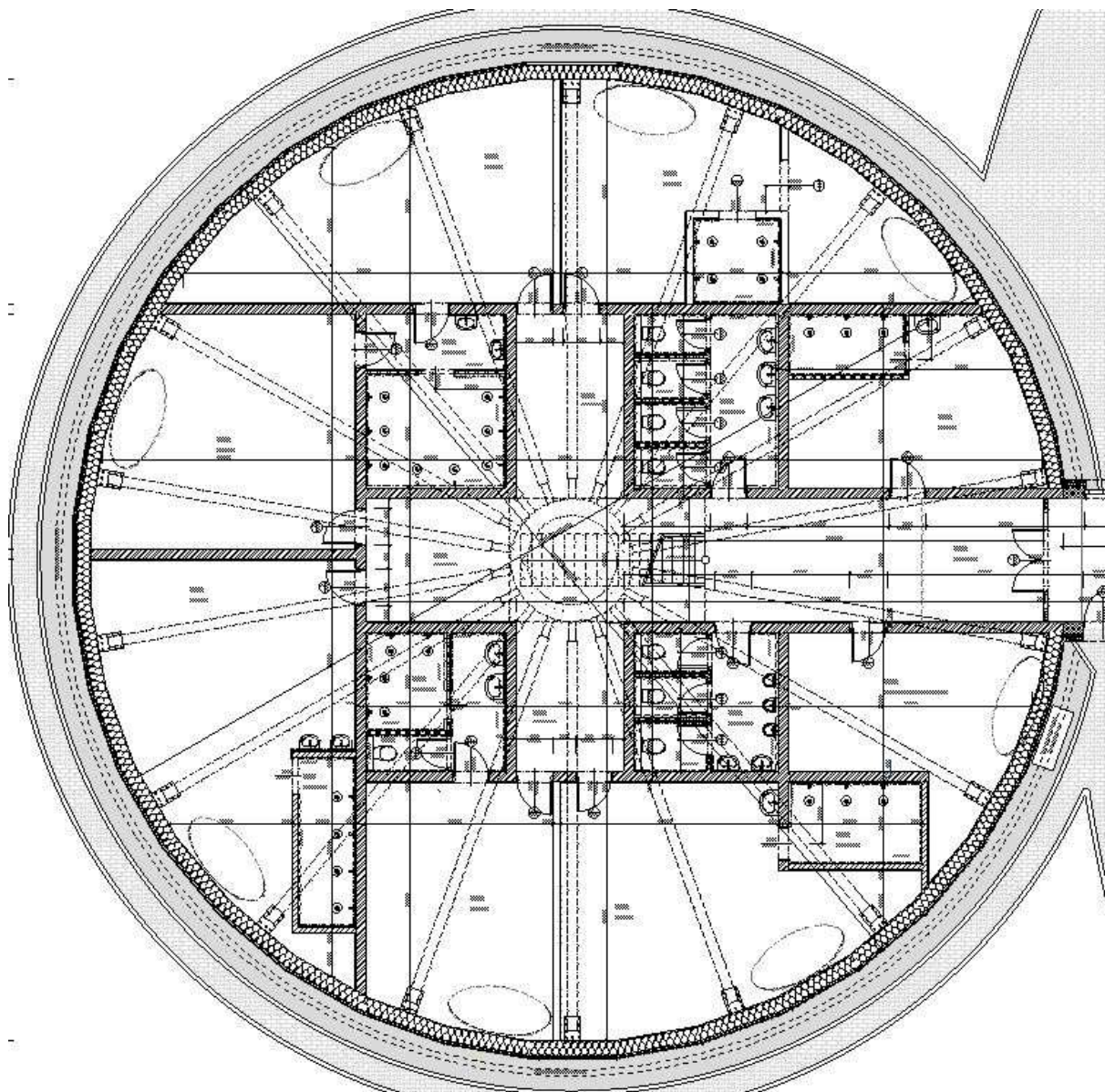
Druhé nadzemí velké haly je pouze prostor nad tribunami. Jsou zde tedy pouze lavičky pro usazení diváků. Jak již bylo zmíněno výše, jižní tribuna je v patře i přízemí spojena spojovací tunelem. Půdorys 2.NP je možno vidět na obrázku 13. Podrobnější výkresy jsou uvedeny v přílohách.



Obr. 13: Půdorys velké haly 2.NP

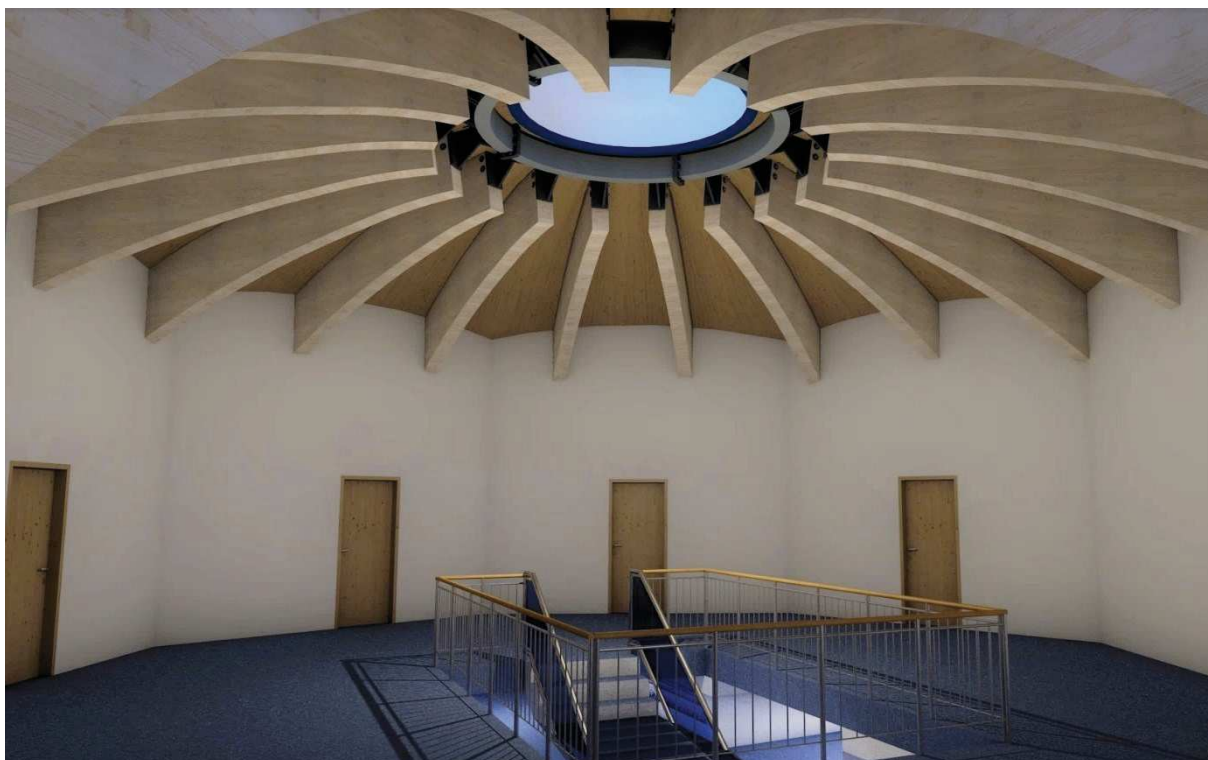
3.2 Dispoziční řešení malé haly

Po průchodu spojovacím tunelem se nacházíme v chodbě půdorysného tvaru kříže se schodištěm do horního patra. Po pravé straně se nachází jako první vstup do šatny a poté toalety žen. Za toaletami pokračuje chodba se vstupy do dvou šaten. Jedna z těchto šaten má vlastní sprchy, na rozdíl od šatny druhé, která má tyto prostory sdíleny. V přímé linii hlavní chodby se nacházejí další dva vstupy do šaten. Po levé straně chodby je první vstup do technické místnosti a poté obdobně vstupy do dvou šaten. Celkově se tedy v 1.NP nachází 7 šaten, dvojce toalety a technická místnost. Zmenšený půdorys 1.NP je možno vidět na obrázku 14.

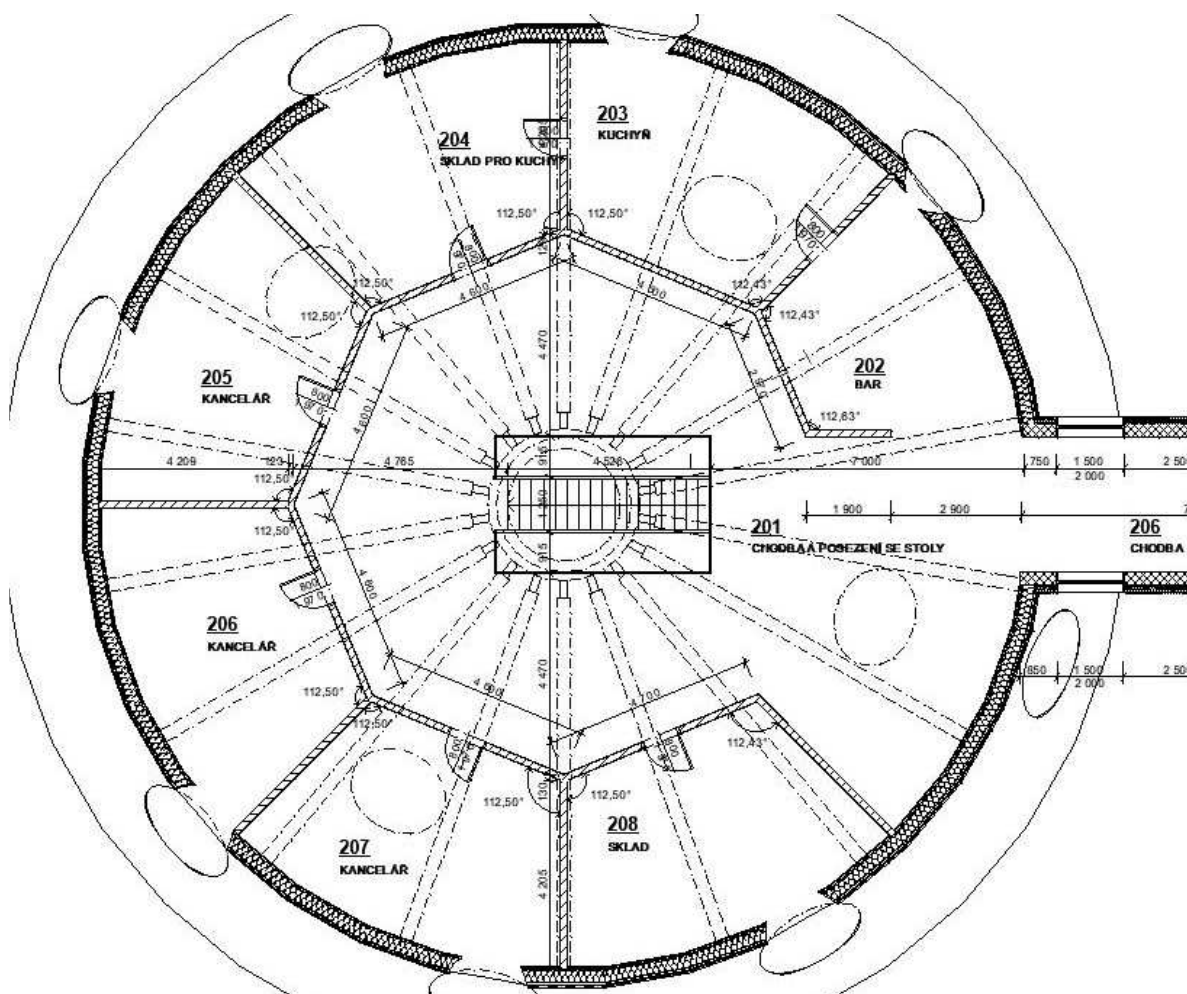


Obr. 14: Náhled na dispoziční řešení malé haly

Dispozice 2.NP je ve svém středu tvořena schodištěm a mnohúhelníkovým tvarem prostoru. Tento prostor bude využíván pro posezení uvažované restaurace s barem. Dále v 2.NP nachází dva sklady pro potřeby kuchyně a baru, bar, kuchyň a 3 kanceláře. Vizualizace vnitřního prostoru malé haly je na obrázku 15. Celkové řešení 2.NP lze vidět na obrázku 16.



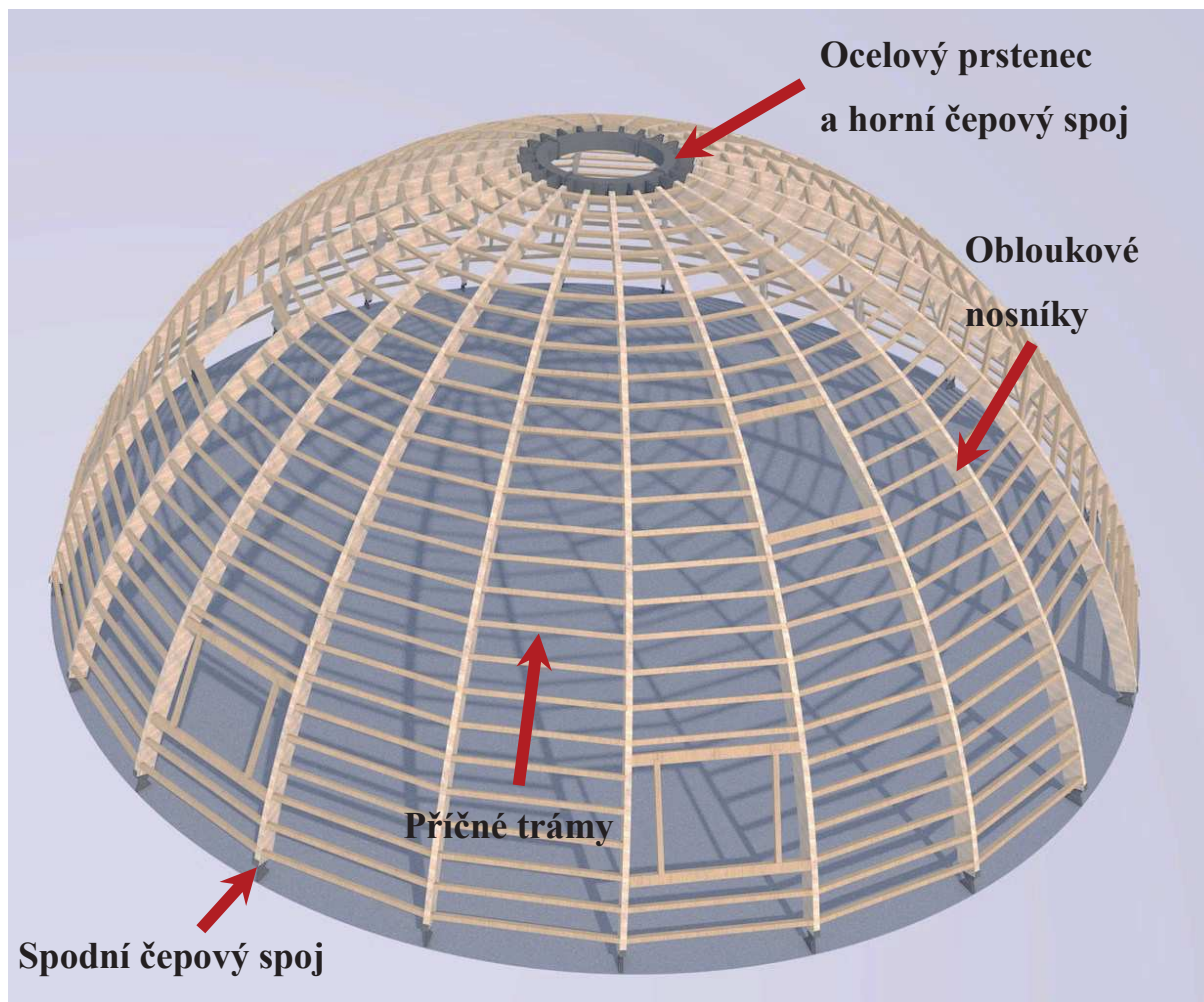
Obr. 15: Vizualizace vnitřní části malé haly



Obr. 16: Řešení půdorysu 2.NP malé haly

4 Konstrukční řešení hal

V následující kapitole je popsáno základní technické řešení haly. Vizualizace konstrukčního systému s popisem hlavních prvků je zobrazena na obrázku 17.



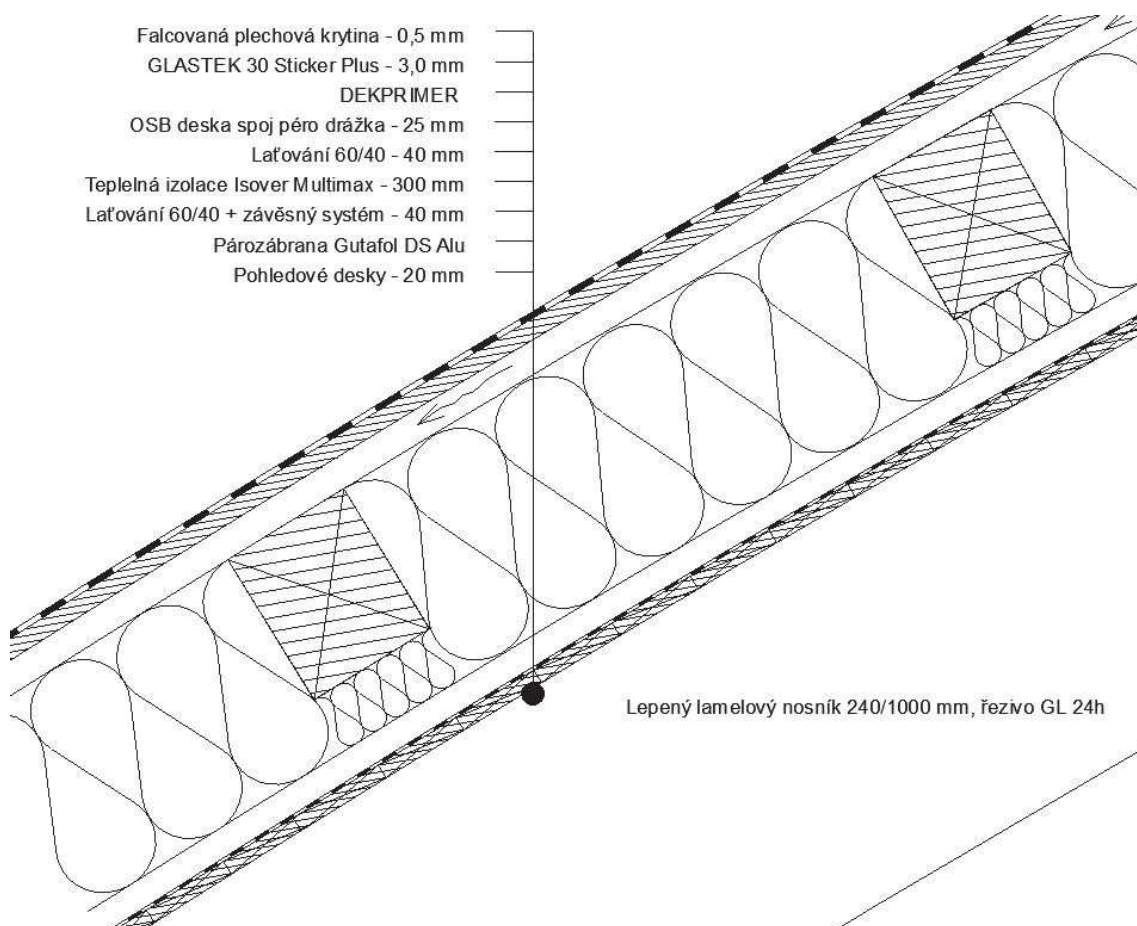
Obr. 17: Vizualizace konstrukčního systému včetně popisu jednotlivých prvků

4.1 Popis konstrukčního řešení zastřešení

Hlavní nosné prvky zastřešení jsou obloukové nosníky z lepeného lamelového dřeva třídy GL 24h. Jejich délka je 28,5 m a vzepětí 4 m. Šířka nosníku je 240 mm jeho výška dosahuje hodnoty 1 000 mm. Nosníky jsou kotveny ve spodní části pomocí ocelového spoje. Spoje jsou podrobněji popsány v kapitole 4.2. Nosníky jsou rotovány od středu haly po 15°, celkový počet nosníků tedy dosahuje 18 ks. Mezi těmito obloukovými nosníky jsou po vzdálenosti 1 m příčné trámy velikosti 180 x 220 mm (nejvíce zatížený trám, ostatní trámy jsou zmenšeny z ekonomického hlediska). Délka příčných trámů se pohybuje v rozmezí od 900 mm při vrcholu

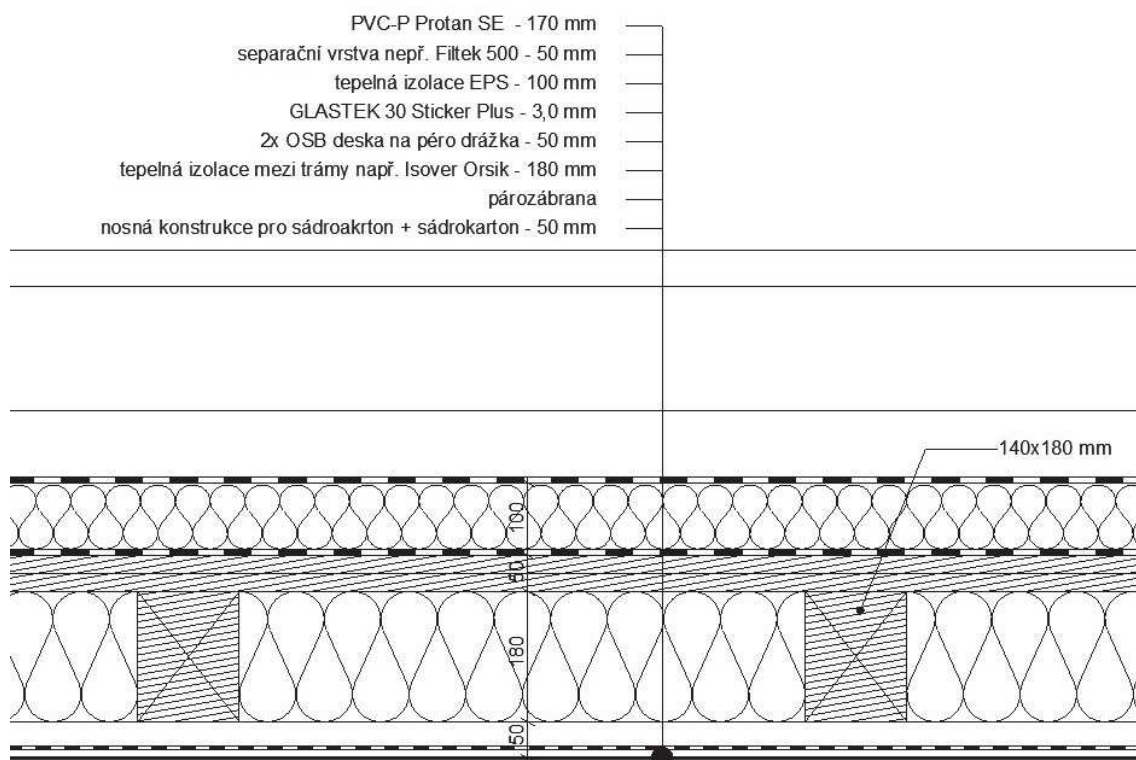
haly do hodnoty 6 750 mm v patě oblouku. Tyto trámy jsou do hlavních nosníků kotveny přes třmeny a pomocí vrutů. Ve vrcholu jsou hlavní nosníky kotveny pomocí ocelového spoje do kruhového ocelového prstence. V montážním stavu musí být nosníky zajištěny ocelovými táhly proti torzní rotaci.

Na konstrukci příčných trámů a obloukových nosníků při horním okraji, je provedeno laťování o rozměru latí 60 x 40 mm. Na tyto latě je provedeno celoplošné bednění z OSB desek na péro a drážku tl. 25 mm a poté nalepena hydroizolace např. Glastek 30 Sticker Plus, na hydroizolaci separační vrstva např. Filtek 500 a poté falcovaná plechová krytina např. Lindab Seamline. Od spodní hrany mezi nosníkového trámu je provedeno taktéž laťování 60 x 40 mm a na konstrukci laťování podhledové bednění 20 mm. Mezi příčnými trámy a spodním laťováním bude tepelná izolace např. Isover Multimax 30 o celkové tloušťce 300 mm. Řez skladbou je zobrazen na obrázku 18.



Obr. 18: Řez skladbou střešního pláště

Zastřešení spojovacího tunelu je pomocí dřevěných trámů 140 x 180 mm s osovou vzdáleností 900 mm. Mezi nosníky je vložena tepelná izolace na celou výšku trámu. Na dřevěných trámech je 2 x OSB deska 25 mm celkem tedy 50 mm, tepelná izolace 100 mm např. EPS 150 S a spádové klíny o výšce 20 – 70 mm, separační vrstva např. Filtek 500 a PVC-P hydroizolační fólie PROTAN SE. Od spodní hrany trámu je nosný ocelový rošt pro sádrokarton a samotný sádrokarton. Řez konstrukcí je zobrazen na obrázku 19.



Obr. 19: Řez skladbou ploché střechy spojovacího tunelu

Konstrukční řešení menší haly je založeno na stejném principu. Změny se týkají dimenze nosníků a příčných trámů. Dále v rotaci nosníků, která je 20° a ne 15° jako u haly velké. Délka příčných trámů mezi nosníky se pohybuje v rozmezí 3 700 mm do 500 mm. Rozměry nejvíce zatížených příčných trámu jsou 160 x 180 mm. Rozměry hlavních nosníků jsou 220 x 700 mm. Délka nosníků 12 m o vzepětí 2,2 m. Při horním okraji nosníků, je provedeno laťování o rozměru latí 60 x 40 mm. Na tyto latě je provedeno celoplošné bednění z OSB spojované na péro a drážku desek tl. 25 mm a poté nalepena hydroizolace např. Glastek 30 Sticker Plus, na hydroizolaci separační vrstva např. Filtek 500 a poté falcovaná plechová krytina Lindab Seamline. Od spodní hrany trámu je provedena ocelová zavěšená nosná konstrukce pro podhled z dřeva tl. 20 mm. Mezi trámy a ocelovým roštem je tepelná izolace např. Isover Multimax 30 o celkové tloušťce 300 mm.

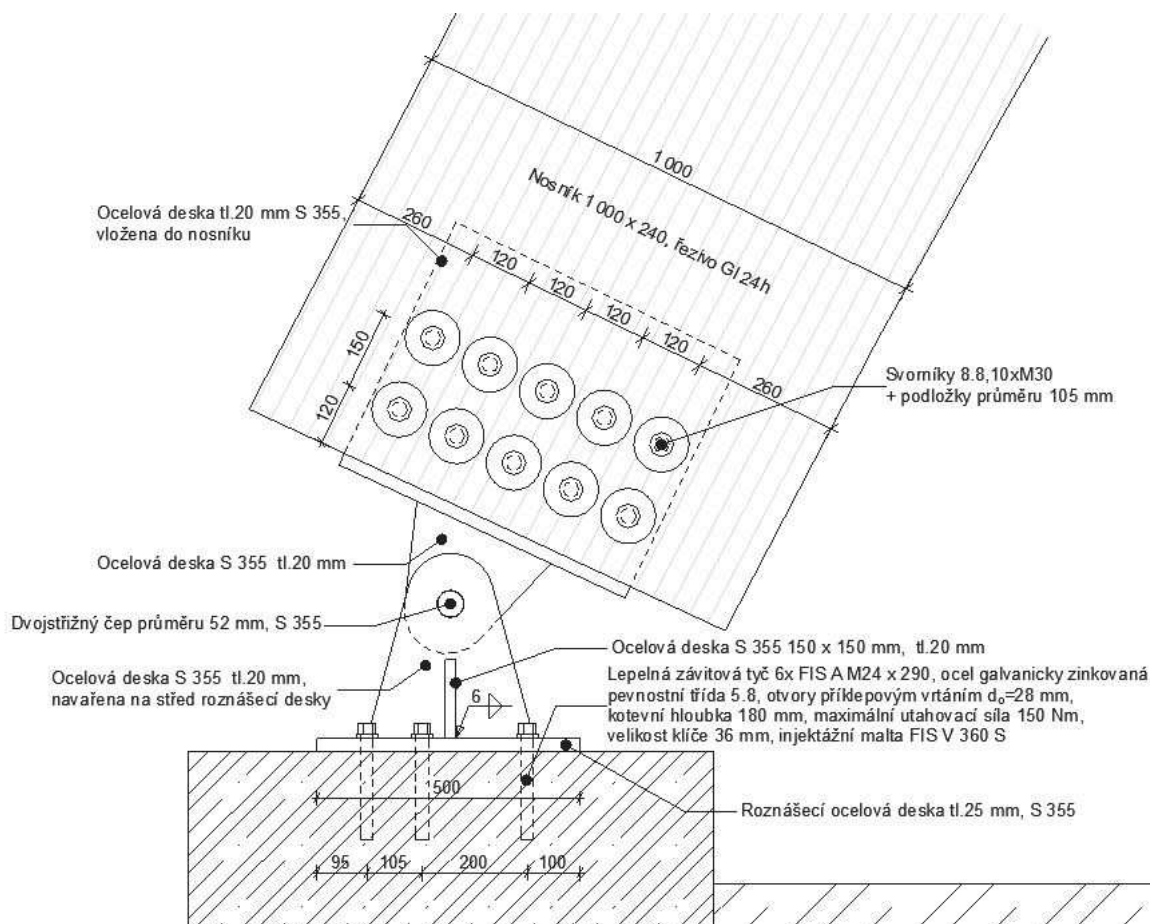
Všechny hřebíkové, svorníkové, vrutové nebo sponkové spoje musí být provedeny z pozinkovaných prvků.

Obě haly jsou vyztuženy proti bočnímu vybočení ocelovými táhly. Velká hala je vyztužena přes dvě pole nosníků celkově ve čtyřech místech konstrukce, respektive konstrukce je vyztužena v 6 polích. U menší haly vyztužení probíhá pouze přes jedno pole ale také ve čtyřech místech konstrukce, respektive vyztuženy jsou čtyři pole.

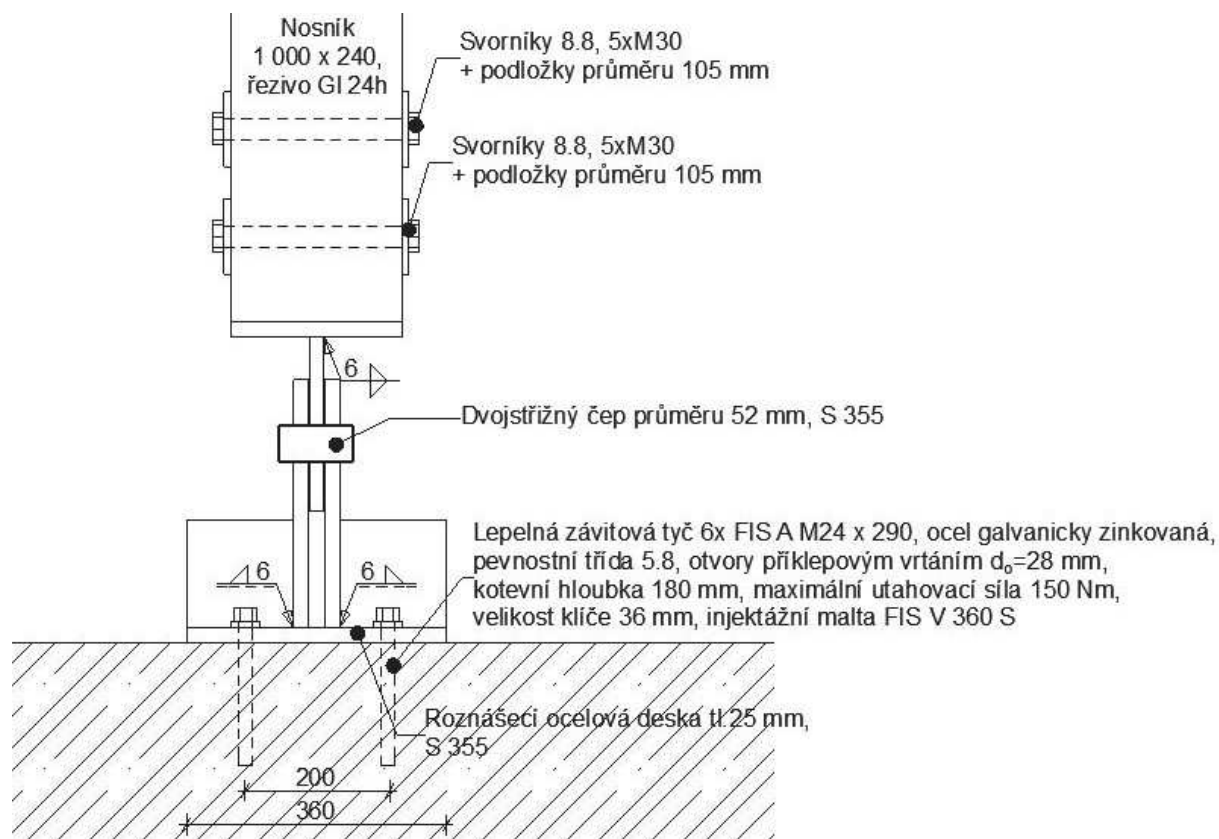
4.2 Konstrukční řešení spojů

Spoj nosníků ve spodní části haly je řešen pomocí ocelové desky kotvené přes lepené závitové tyče do kruhového základu obíhající celý půdorys haly. Na tuto ocelovou deskou jsou navařeny kolmo dvě ocelové desky. Desky jsou přivařeny pomocí koutového svaru účinné tloušťky 6 mm. Mezi tuto dvojici desek je vložena ocelová deska směřující od nosníku, která se dohromady spojí pomocí čepového spoje. U velké haly je čep dvoj střížný o velikosti 52 mm v dolní části a 32 mm v horní části u haly menší v dolní části velikosti 32 mm respektive 30 mm v horním spoji, všechny čepy jsou navrženy z oceli pevnostní třídy S355. Ocelová deska, která je vložena mezi 2 spodní desky je kolmo navařena na ocelovou desku tl. 20 mm, která podepírá spodní hranu nosníku. Svar je účinné tloušťky 6 mm. Deska ležící na základě je k podkladu připevněna pomocí 6 vlepených závitových tyčí FIS A M24. Závitové tyče jsou galvanicky pozinkované z pevnostní třídy 5.8. Otvory do betonového základu jsou provedeny příklepovým vrtáním, o velikosti 28 mm. Pro injektáž je použita injektážní malta Fischer FIS V 360 S. Obdobně je kotvena deska u malé haly s rozdílem použitých závitových tyčí ty jsou u malé haly 6x M20. Ocelová deska ve styku se základem je tl. 20 mm o rozměrech 500 mm x 360 mm. Použitá ocel je S 355.

Do dřevěného lamelového nosníku je vložena ocelová deska tl. 20 mm a přes ni napojeny s nosníkem pomocí deseti ocelových svorníků velikosti M30 pevnostní třídy 8.8 v dolní části velké haly. Svorníky jsou ve dvou řadách po 5. V horní části nosníku jsou navrženy 3 svorníky M30. Pod svorníky jsou navrženy podložky o minimálním průměru 105 mm a tloušťky minimálně 9 mm. U spojů nosníků malé haly jsou ve spodní části navrženo 5 svorníků M24 a 2 svorníky M24 v horní části nosníku. Pod svorníky jsou navrženy podložky o minimálním průměru 84 mm a tloušťky minimálně 8 mm. Vizualizace uvažovaného spoje a detail spoje je zobrazen na obrázcích 20, 21 a 22.



Obr. 20: Řešení spoje v dolní části velké haly boční pohled

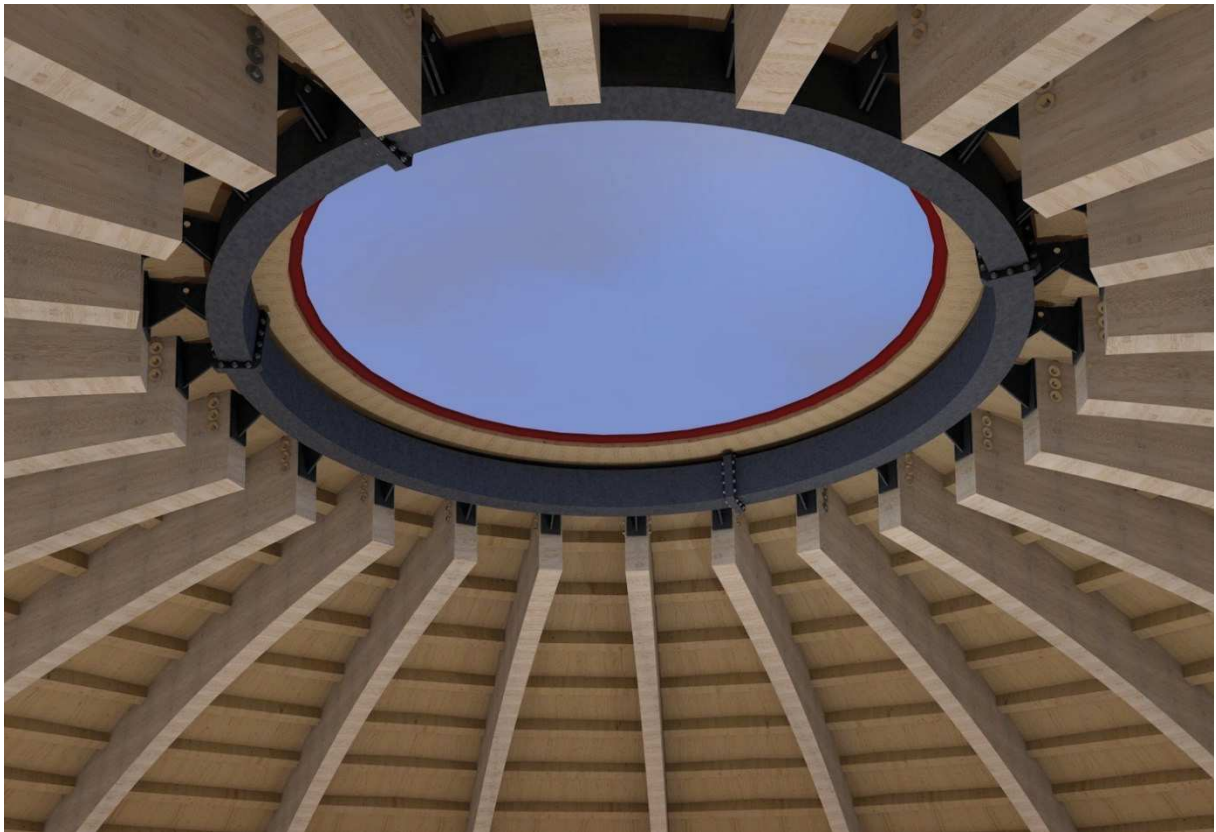


Obr. 21: Řešení spoje v dolní části velké haly - řez spojem

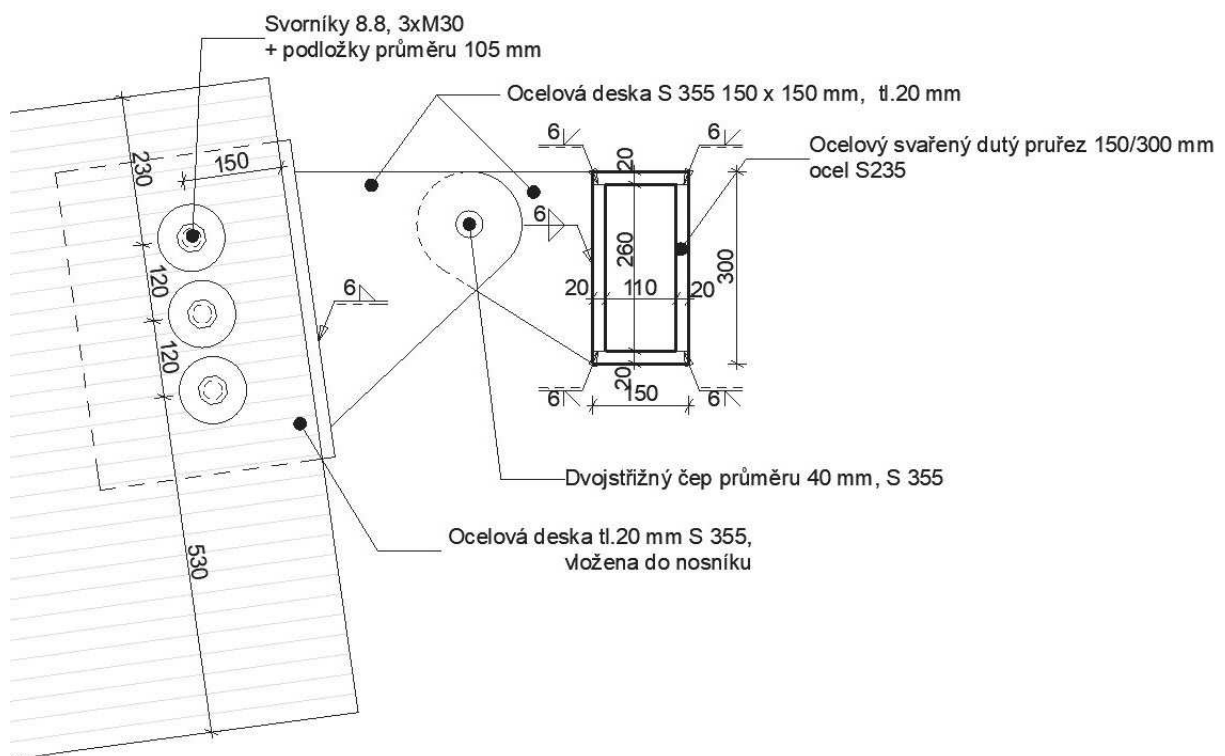


Obr. 22: Vizualizace řešení spoje v dolní části velké haly

Spoje u vrcholu nosníku jsou přes ocelové desky navařeny na kruhový prstenec dutého průřezu. Ocelový prstenec velké haly je navržen z oceli S235. Rozměry prstence velké haly jsou 150 mm a výšky 300 mm a vnějšího průměru 5 200 mm. Obdélníkový průřez je svařen z desek tl.20 mm svarem s účinnou výškou 6 mm. Celý prstenec je ze 4 částí, které jsou navzájem k sobě přišroubovány. Prstenec menší haly je také ze svařeného dutého průřezu o šířky 120 mm a výšky 250 mm. Prstenec je také proveden ze 4 částí, které jsou opět k sobě přišroubovány. Detail a vizualizace spoje, je možno vidět na obrázcích 23 a 24.



Obr. 23: Vizualizace prstencového spoje



Obr. 24: Detail řešení spoje velké haly u prstence

4.3 Řešení konstrukce nosných stěn, tribun a příček

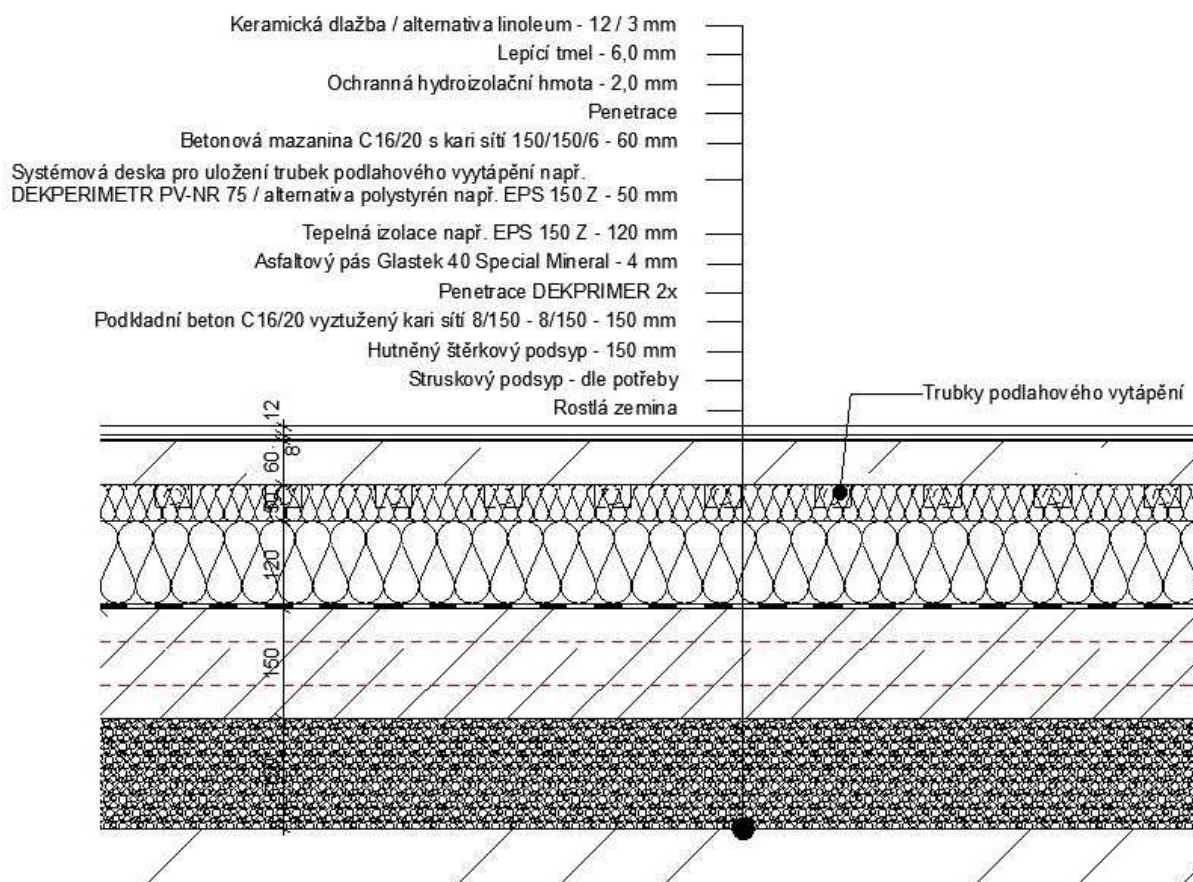
Nosné stěny v hale jsou tvořeny cihelným systémem Porotherm. Konkrétně se jedná o cihly Porotherm 30, 24, 17,5, 14, 8 Profi, všechny cihly jsou zděny na celoplošnou maltu Porotherm Profi. Tribuny jsou provedeny z ŽB, armování není předmětem diplomové práce. Obdobně jsou provedeny stropy, které tvoří také železobeton. Specifikace jednotlivých materiálů jsou definovány na výkresech půdorysů a řezu.

4.4 Skladba podlah

Skladba podlah v mokřích prostorech a technických místnostech je navržena v následující skladbě, keramická dlažba tl. 12 mm, lepící tmel 6 mm, penetrace, betonová mazanina s kari sítí s oky 150 x 150 mm průměrem drátu 6 mm tl. 60 mm, systémová deska pro uložení trubek podlahového topení, alternativně polystyrén např. EPS 150 Z tl. 50 mm, tepelná izolace EPS 150 Z tl. 120 mm, asfaltový pás např. Glastek 40 Special Mineral 4 mm, penetrace 2x Dekprimer, podkladní beton C 16/20 vyztužený kari sítí průměru 6 mm s oky 150 x 150 mm, pod betonovou deskou hutněný štěrkový podsyp 150 mm. Čistá podlaha je dle místnosti alternativně linoleum lepené na betonovou mazaninu v prostorách šaten a chodeb atd.. Viz. tabulka místností.

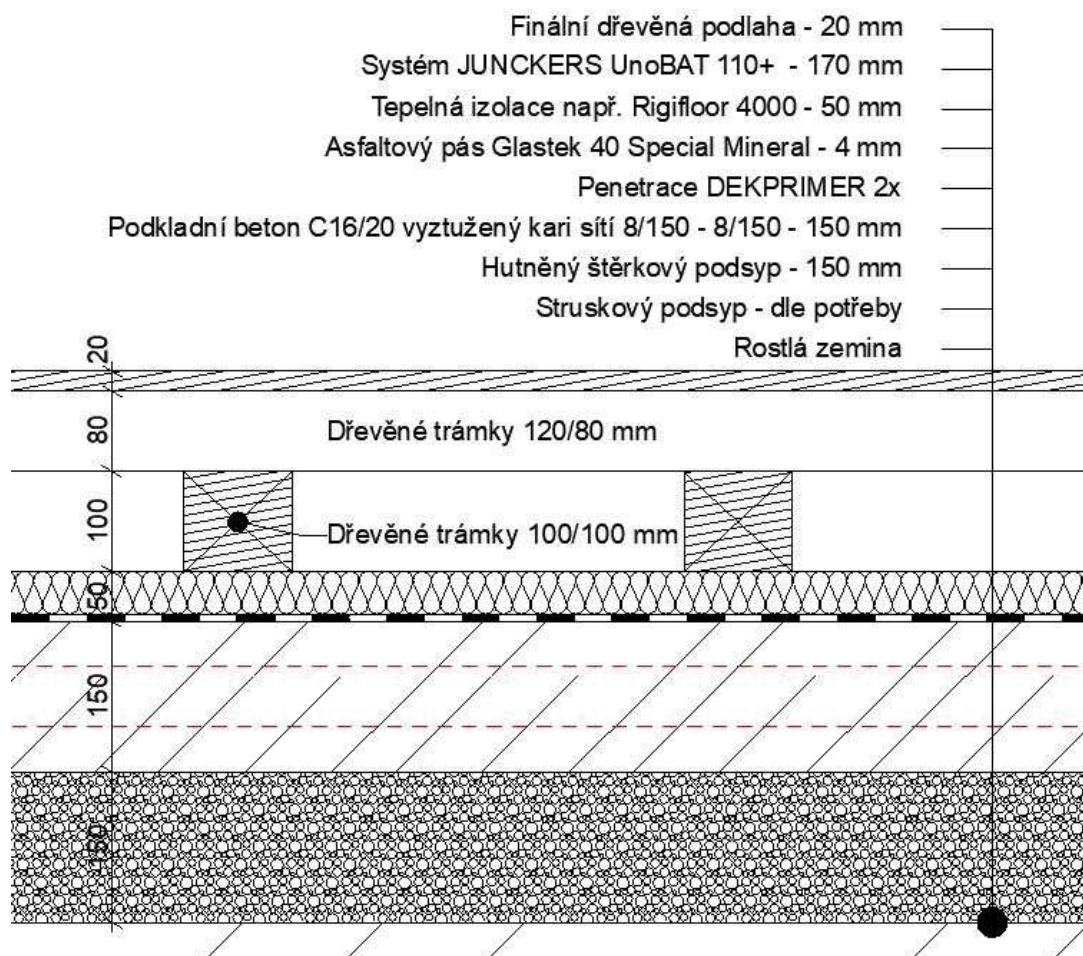
Skladba podlahy hrací plochy je řešena systémem JUNCKERS UnoBAT 110+. Celý systém je v následující skladbě, dřevěná podlaha 20 mm, systém JUNCKERS UnoBAT 110+ s laťováním 170 mm, polystyrén Rigifloor 4000 50 mm, asfaltový pás Glastek 40 Special Mineral 4 mm, penetrace Dekprimer 2x, podkladní beton C16/20 vyztužený kari sítí s pruty průměru 8 mm a oky 150 x 150 mm, pod betonovou deskou hutněný štěrkový podsyp o mocnosti 150 mm.

Řez výše popsanými skladbami je možno vidět na obrázcích 25 a 26.

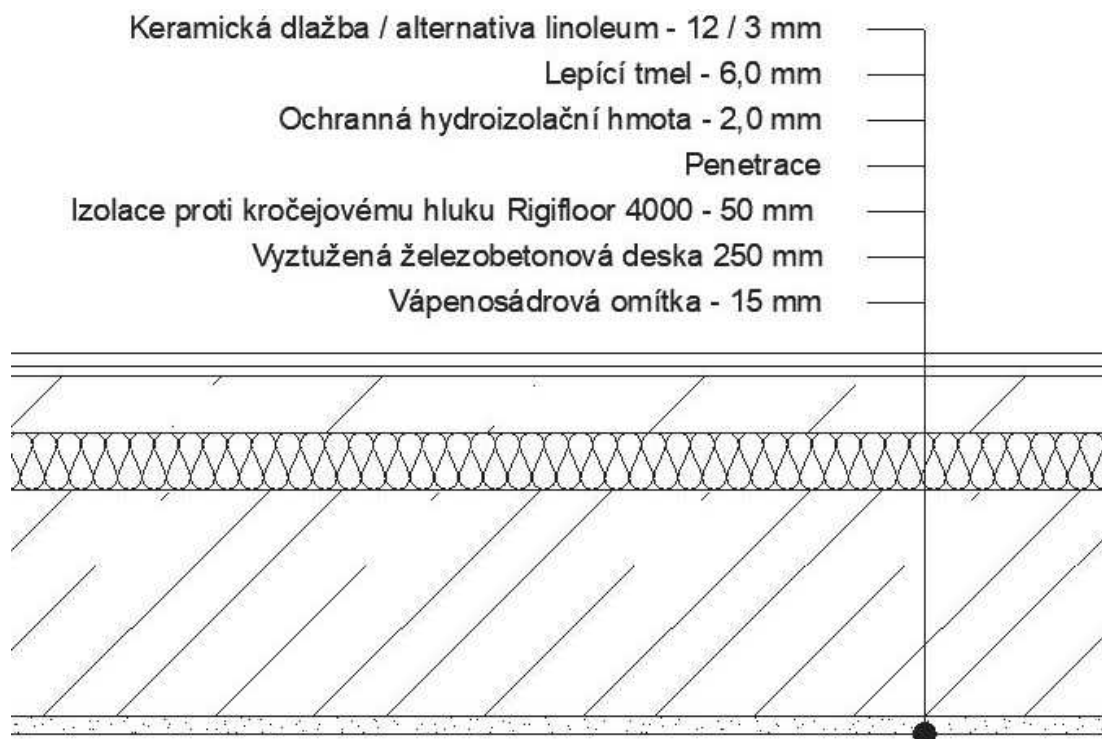


Obr. 25: Detail skladby podlahy na zemině

Skladba podlahy v 2.NP má následující skladbu: keramická dlažba 12 mm, alternativně linoleum lepené na betonovou mazaninu, lepicí tmel 6 mm, ochranná hydroizolační hmota 2 mm, penetrance, betonová mazanina s kari sítí průměru 6 mm a oky 150 x 150 mm tl. 50 mm, tepelná izolace RIGIFLOOR 4000 50 mm, železobetonový strop 250 mm, vápenosádrová omítka stropu 15 mm. Řez touto skladbou je možno vidět na obrázku 27.



Obr. 26: Detail skladby hrací plochy



Obr. 27: Detail skladby podlahy v patře

5 Základní vlastnosti objektu a materiálů, výpočet zatížení

V této části diplomové práce jsou shrnuty základní údaje o střešní konstrukci, rozměrových, mechanických vlastnostech použitých materiálů. Popis, výpočet zatížení a kombinace zatěžovacích stavů. Vizualizace objektu je na obrázku 28. Pro výpočet zatížení jsou použity normy ČSN EN 1991-1-4 [8], ČSN EN 1991-1-1 [9], ČSN EN 1991-1-3 [10].



Obr. 28: Vizualizace objektu

5.1 Shrnutí základních údajů objektu

5.1.1 Základní údaje o konstrukci

- průměr velké haly v základně včetně skladby	55,00m
- průměr malé haly v základně včetně skladby	24,25 m
- výška velké haly včetně skladby	19,90 m
- výška malé haly včetně skladby	9,10 m
- zastavěná plocha malé haly	463,01 m ²
- zastavěná plocha velké haly	2 396,67 m ²
- zastavěná plocha spojovacího tunelu	15,80 m ²
- celková zastavěná plocha	2 874,48m ²

5.1.2 Navržené konstrukční prvky

Obloukový nosník

- Velká hala 240 mm x 1 000 mm
- Malá hala 220 mm x 700 mm

Mezi nosníkové trámy

- Velká hala 180 mm x 220 mm (nejzatíženější prvek)
- Malá hala 160 mm x 180 mm (nejzatíženější prvek)

Prstenec

- Velká hala 150 mm x 300 mm x 20 mm
- Malá hala 120 mm x 250 mm x 15 mm

5.2 Materiálové charakteristiky

Pro obloukové nosníky je použité lamelové dřevo třídy GL 24h s nastavením lamel pomocí zubovitého spoje. Pro příčné trámy mezi nosníky bylo použito dřevo třídy C 24. Stejná třída řeziva je použita pro latě a kontralatě. Plné bednění je provedeno z OSB desek tl. 25 mm spojované na péro drážku. Všechny konstrukční prvky jsou počítány pro třídu provozu 1. V následujícím odstavci jsou popsány materiálové vlastnosti použitých tříd dřeva C 24 a GL 24h při teplotě 20°C a relativní vlhkosti 65%.

5.2.1 GL 24h

Charakteristické hodnoty pevností a modulů pružností pro dřevo lepené lamelové GL 24h.

$$f_{m,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,k} = 18 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,k} = 5,5 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,k} = 2,8 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,g,k} = 0,35 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11\,000 \text{ MPa}$$

$$E_{0,g,0,05} = 8\,800 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 380 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_M = 1,25$$

Návrhové hodnoty byly vypočítány dle vzorce $f_d = k_{mod} \frac{f_k}{\gamma_M}$

Pro $k_{mod} = 0,7$, třída provozu I

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{18}{1,25} = 10,08 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{0,35}{1,25} = 0,196 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,25} = 13,44 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{5,5}{1,25} = 3,08 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{3}{1,25} = 1,57 \text{ MPa}$$

Pro $k_{mod} = 0,8$, třída provozu I

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{18}{1,25} = 11,52 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,35}{1,25} = 0,224 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{5,5}{1,25} = 3,52 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3}{1,25} = 1,79 \text{ MPa}$$

5.2.2 Rostlé dřevo pevnostní třída C24

Charakteristické hodnoty pevností a modulů pružností pro dřevo rostlé C24 dle normy EN 338 [15].

$$f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,k} = 2,5 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,k} = 0,4 \text{ MPa}$$

$$f_{v,k} = 4,0 \text{ MPa}$$

$$E_{0,mean} = 11000 \text{ MPa}$$

$$E_{0,05} = 7400 \text{ MPa}$$

$$\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_M = 1,3$$

Návrhové hodnoty byly vypočítány dle vzorce $f_d = k_{mod} \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$

Pro $k_{mod} = 0,7$, třída provozu I

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{14}{1,3} = 6,46 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{0,40}{1,3} = 0,215 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{21}{1,3} = 9,69 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{2,5}{1,3} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,15 \text{ MPa}$$

Pro $k_{\text{mod}} = 0,8$, třída provozu 1

$$f_{m,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{Y_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{Y_M} = 0,8 \cdot \frac{18}{1,3} = 8,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{Y_M} = 0,8 \cdot \frac{0,35}{1,3} = 0,224 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{Y_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{Y_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5}{1,3} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{Y_M} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$$

5.3 Zatížení

Střešní konstrukce je zatěžována stálým zatížením, které zahrnuje vlastní tíhu konstrukčních prvků a skladbu střechy např. izolace, krytina atd.. Dále je posuzovaná střešní konstrukce na klimatické zatížení, kde jsou zahrnuty účinky působení větru a sněhu. Užité zatížení vzhledem k velikosti konstrukce a ke skutečnosti, že pohyb osob na konstrukci bude minimální a pouze z důvodu údržby není uvažováno. Taktéž zatížení vzduchotechnikou a osvětlením je zanedbatelné. Výpočet vzniklých zatížení je proveden dle ČSN EN 1990 [9], ČSN EN 1991-1-1 [7], ČSN EN 1991-1-3 [8], ČSN EN 1991-1-4 [6]. Vypočítané hodnoty zatížení jsou uvedeny v charakteristických hodnotách.

5.3.1 Stálé zatížení

Do stálého zatížení je započítána vlastní hmotnost konstrukčních prvků a skladba střechy. Roznášecí šířka je po 1 m u velké i malé haly. Vzdálenost je určena vzdáleností po hraně obloukového nosníku.

5.3.2 Skladby

Tab. 1: Zatížení střešní konstrukce velké a malé haly

Materiál	Tloušťka [mm]	[kN/m ³]	gk[kN/m ²]
Falcovaný plech Lindab semilane	0,6	0,0035	0,005
Glastek 30 Sticker Plus	3	0,037	0,020
OSB desky	25	6	0,15
Latování 60/40	40	4,2	0,115
Tep. izolace	300	0,105	0,032
Latování 60/40 + závěsný systém	40	4,2	0,165
Pározábrana	1	0,0015	0,009
Pohledové bednění	20	4,2	0,113
Celkem (bez vlastní tíhy nosníku a trámu)			0,728

5.3.3 Výpočet zatížení na roznášecí šířku $a_k = 1$ m.

Zatížení střechy u velké a malé haly

$$g_k = 0,559 \cdot a_k = 0,559 \cdot 1 = 0,559 \text{ kN/m}$$

5.4 Užité zatížení

5.4.1 Zatížení na nosníky a trámy

Užité zatížení vzhledem k velikosti konstrukce a ke skutečnosti, že pohyb osob na konstrukci bude minimální a pouze z důvodu údržby není uvažováno. Taktéž zatížení vzduchotechnikou a osvětlením je zanedbatelné.

5.5 Proměnná zatížení

5.5.1 Zatížení sněhem

Objekt hal je umístěn na katastrálním území Zábřeh nad Odrou v Ostravě. Tato část ČR se nachází v oblasti s velmi malým sněhovým zatížením. Sněhové zatížení v této lokalitě je pomocí webových stránek [14] určeno na $0,9 \text{ kN/m}^2$. Vzhledem k výskytu blízkého hotelu v bezprostřední blízkosti z jedné strany hal je součinitel expozice určen na hodnotu 1,0. Tepelný součinitel vzhledem k dobrému zateplení střechy a tedy nízkému prostupu tepla je určen na 1,0. Tvarový součinitel závisí na poměru h/b viz. výpočet v kapitole 5.5.2.. Výpočet uvažuje se stavy s navátým i nenavátým sněhem a také je uvažování odtátí sněhu na polovině konstrukce. Sklon kopule dosahuje v oblasti prvních 5 příčných trámů od rostlého terénu sklonu většího 60° , tudíž tyto trámy nejsou sněhem zatíženy. Postup výpočtu je proveden dle normy ČSN EN 1991-1-3 [10]. V konstrukci zastřešení jsou různé roznášecí šířky na velké hale v rozmezí od 515 mm do 1 175 mm. U malé haly v rozmezí od 485 mm do 960 mm.

5.5.2 Výpočet tvarového součinitele

a) Pro střechu velké haly

Hodnota tvarového součinitele je závislá na hodnotě poměru h/b a také na sklonu kopule kdy při úhlu větším 60° se už se zatížením sněhem neuvažuje.

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \cdot \frac{20}{55} = 3,836 > 2 \rightarrow 2$$

Dle normy je horní doporučená hodnota 2. Pro výpočet je teda užito hodnoty 2.

b) Pro střechu malé haly

Hodnota tvarového součinitele je závislá na hodnotě poměru h/b a také na sklonu kopule kdy při úhlu větším 60° se už se zatížením sněhem neuvažuje.

$$\mu_3 = 0,2 + 10 \cdot \frac{h}{b} = 0,2 + 10 \cdot \frac{9}{24,25} = 3,911 > 2 \rightarrow 2$$

Dle normy je horní doporučená hodnota 2. Pro výpočet bylo teda užito hodny 2.

5.5.3 Výpočet zatížení sněhem

a) Pro plné zatížení

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na dané území $s_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$. Typ krajiny $C_e = 1,0$.

Tepelný součinitel $C_t = 1,0$. Hodnota tvarového součinitele je u plného zatížení 0,8.

Výsledné zatížení větrem je určeno ze vzorce:

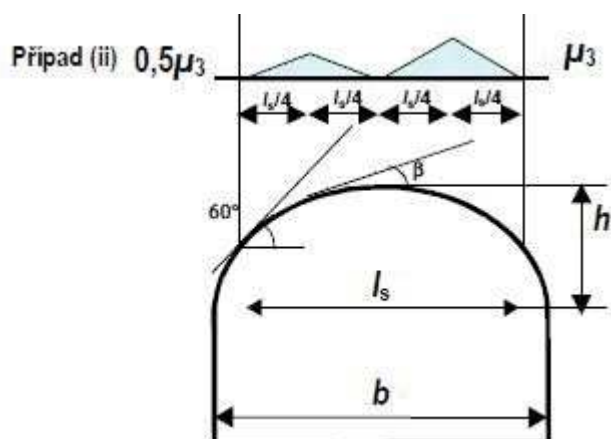
$$s = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_1 = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,8 = 0,72 \text{ kN/m}^2$$

Výpočet na roznášecí šířku např. 0,8 m pro navátý sníh:

$$s_{k1} = s \cdot 0,8 = 0,72 \cdot 0,8 = 0,576 \text{ kN/m}$$

b) Pro sních navátý

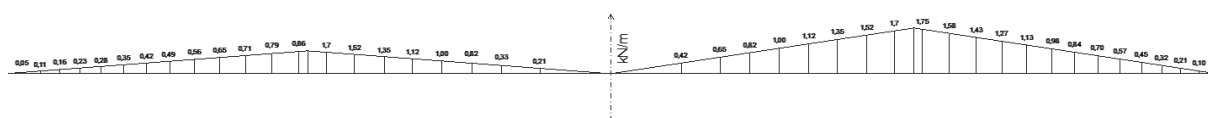
Pro sních navátý se uvažuje dvojí trojúhelníkové zatížení na kopuli, viz obrázek.



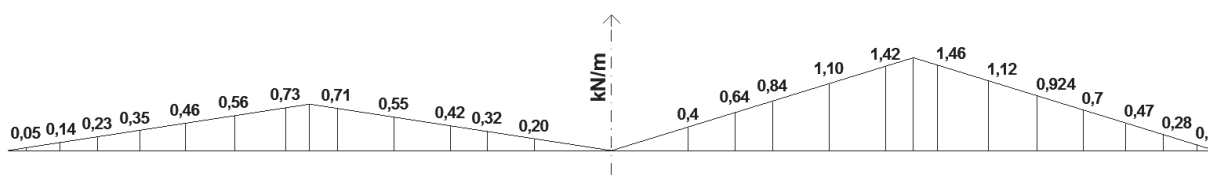
Obr. 29: Znáznornění navátého sněhu na kopuli dle normy [10]

Charakteristická hodnota zatížení sněhem na dané území $s_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$. Typ krajiny $C_e = 1,0$. Tepelný součinitel $C_t = 1,0$. Hodnota tvarového součinitele dle předchozího výpočtu je rovna hodnotě 2. Výsledné zatížení větrem je rovno vzorci:

$s = s_k \cdot C_e \cdot C_t \cdot \mu_1 = 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 2 = 1,80 \text{ kN/m}^2$. Pro druhý trojúhelník je hodnoty poloviční tudíž $0,9 \text{ kN/m}^2$.



Obr. 30: Zatížení na jednotlivé trámy sněhem navátým velká hala

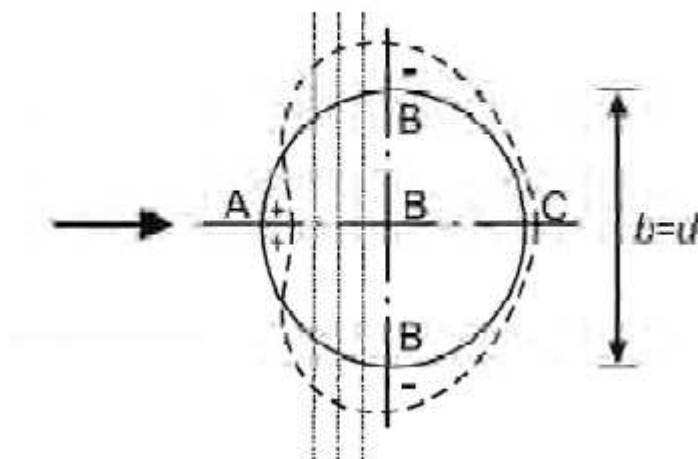


Obr. 31: Zatížení na jednotlivé trámy sněhem navátým malá hala

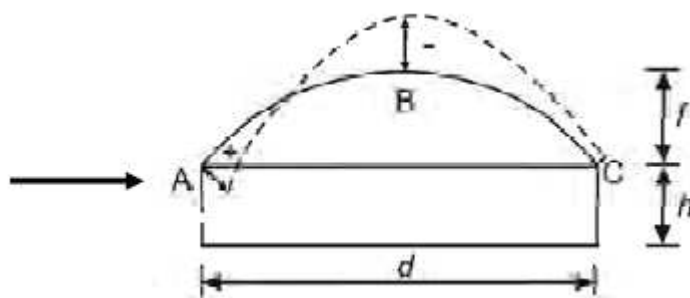
Ve 3D modelu bylo sněhové zatížení zadáváno na každý mezi nosníkový trám zvlášť, aby bylo docíleno co nejpřesnějšího vystižení zatížení sněhem. Tohle rozdílné zatížení na kopuli vzniká různými zatěžovacími šířkami na mezi nosníkové trámy.

5.5.3 Zatížení větrem

Výpočet zatížení větrem bylo zpracováno podle normy ČSN EN 1991-1-4 pro pozemní stavby. Pro určení zatížení způsobené větrem byly střechy dle normy rozděleny na tři zóny A, B, C. Dle normy je uvažován pouze jeden zatěžovací stav. Oblast A je oblastí působící v tlaku na konstrukci, zbylé dvě zóny B a C vyvolávají na konstrukci sání. Nejvyšší sání se nachází ve vrcholu kopule a je to přesně hodnota B. Průběh působení tlaků na konstrukci je znázorněno na obrázku níže. V 3D modelu bylo větrné zatížení zadáváno na každý mezi nosníkový trám zvlášť aby bylo docíleno co nejpresnějšího vystižení zatížení větrem. V konstrukci zastřešení jsou různé roznášecí šířky na velké hale v rozmezí od 515 mm do 1 175 mm. U malé haly v rozmezí od 485 mm do 960 mm.



Obr. 32: Znázornění půdorysného působení větru na konstrukci [8]



Obr. 33: Působení větru na konstrukci v řezu vrcholem [8]

5.5.4 Výpočet pro velkou halu

Objekt hal je umístěn na katastrálním území Zábřeh nad Odrou v Ostravě. V této oblasti je větrná oblast III. Z toho dle normy vyplývá základní rychlost větru 27,5 m/s. Výška kopule je 19 m. Parametr drsnosti terénu je vzhledem k vysoké zastavěnosti okolí velkými budovami, (objekt hotelu, Ostravar aréna, blízké panelové domy) stanoven na hodnotu 1. Součinitel ortografie 1,0. Vzhledem k splnění podmínky, že výška h je menší než šířka kolmá na směr větru b , se uvažuje s konstantním průběhem zatížení větru.

Základní rychlost větru $v_{b,0}=27,5$ m/s. Parametr drsnosti terénu $Z_0 = 1$ m a minimální výška $Z_{min} = 10$ m. Součinitel směru větru $c_{dir} = 1,0$. Součinitel $c_{season} = 1,0$. Součinitel ortografie $c_0 = 1,0$. Pro výpočet maximálního dynamického tlaku je nejprve důležité určit součinitel terénu k_r . Součinitel je spočten dle vzorce:

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right) = 0,19 \left(\frac{1,0}{0,05} \right) = 0,234$$

Součinitel terénu můžeme dosadit do vzorce pro výpočet součinitele drsnosti terénu c_r :

$$c_r = k_r \ln \frac{z}{z_0} = 0,234 \ln \frac{19,00}{1} = 0,690$$

Výpočet základní rychlosti větru v_b :

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 27,5 = 27,5 \text{ m/s}$$

Výpočet střední rychlosti větru v_m :

$$v_m = c_r \cdot c_0 \cdot v_b = 0,690 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 18,97 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence I_v :

$$I_v = \frac{k_I}{c_0 \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1}{1 \cdot \ln \frac{19}{1}} = 0,3396$$

Charakteristický maximální dynamický tlak q_p :

$$q_p = (1 + 7I_v) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = (1 + 7 \cdot 0,3396) \cdot \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 18,97^2 = 0,760 \text{ kN/m}^2$$

5.5.4 Výpočet pro malou halu

Objekty hal je umístěn na katastrálním území Zábřeh nad Odrou v Ostravě. V této oblasti je větrná oblast III. Z toho dle normy vyplývá základní rychlost větru 27,5 m/s. Výška kopule je 9 m. Parametr drsnosti terénu byl vzhledem k vysoké zastavěnosti okolí velkými

budovami (objekt hotelu, Ostravar aréna, blízké panelové domy) a stavbě velké haly stanoven na hodnotu 1. Součinitel ortografie 1,0. Vzhledem k splnění podmínky, že výška h je menší než šířka kolmá na směr větru b , se uvažuje s konstantním průběhem zatížení větru.

Základní rychlost větru $v_{b,0}=27,5$ m/s. Parametr drsnosti terénu $Z_0=1$ m a minimální výška $Z_{min}=10$ m. Součinitel směru větru $c_{dir}=1,0$. Součinitel $c_{season}=1,0$. Součinitel ortografie $c_0=1,0$. Pro výpočet maximálního dynamického tlaku je nejprve důležité určit součinitel terénu k_r . Součinitel je spočten dle vzorce:

$$k_r = 0,19 \left(\frac{z_0}{z_{0,II}} \right) = 0,19 \left(\frac{1}{0,05} \right) = 0,234$$

Součinitel terénu můžeme dosadit do vzorce pro výpočet součinitele drsnosti terénu c_r :

$$c_r = k_r \ln \frac{z}{z_0} = 0,234 \ln \frac{9,00}{0,3} = 0,540$$

Výpočet základní rychlosti větru v_b :

$$v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 1 \cdot 27,5 = 27,5 \text{ m/s}$$

Výpočet střední rychlosti větru v_m :

$$v_m = c_r \cdot c_0 \cdot v_b = 0,540 \cdot 1,0 \cdot 27,5 = 14,84 \text{ m/s}$$

Intenzita turbulence I_v :

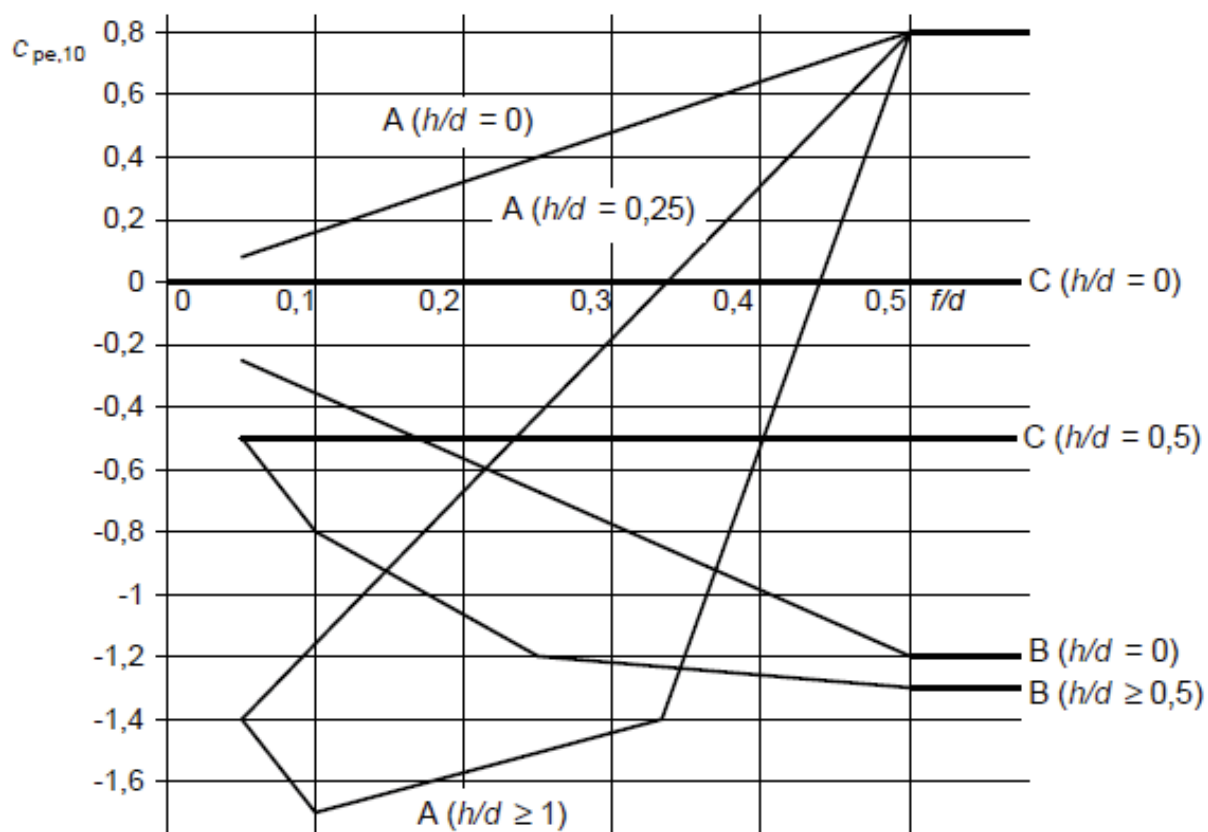
$$I_v = \frac{k_I}{c_0 \cdot \ln \frac{z}{z_0}} = \frac{1}{1 \cdot \ln \frac{9}{0,3}} = 0,4343$$

Charakteristický maximální dynamický tlak q_p :

$$q_p = (1 + 7I_v) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = (1 + 7 \cdot 0,4343) \frac{1}{2} \cdot 1,25 \cdot 14,84^2 = 0,556 \text{ kN/m}^2$$

5.5.6 Hodnoty tlaku větru – velká hala

Určení velikosti hodnot A, B, C je stanoveno normovou tabulkou na základě poměrů h/d . Jelikož hodnota d je v obou případech 0, byly z tabulky zvoleny křivky pro hodnotu 0. Tabulka s křivkami je znázorněna na obrázku níže.



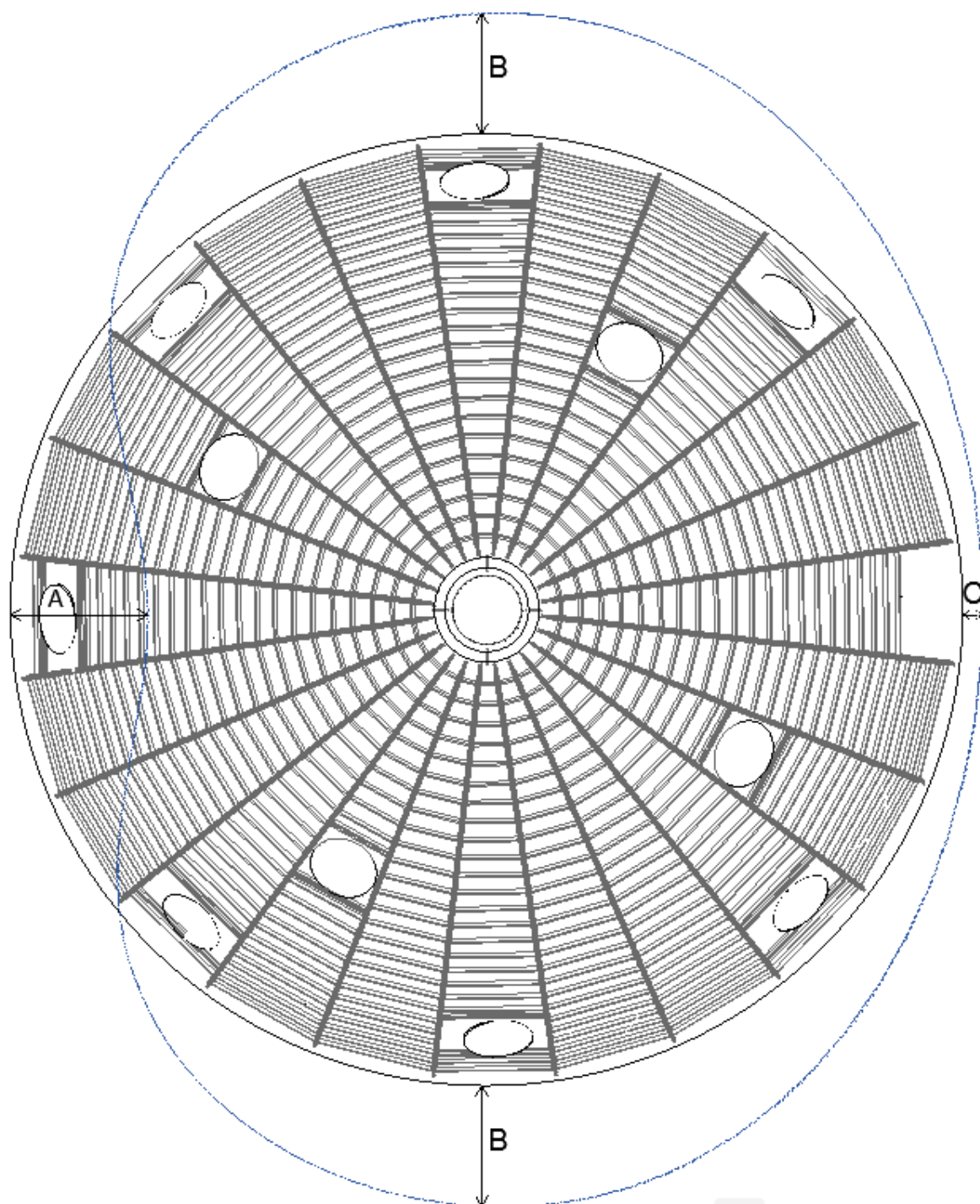
Obr. 34: Tabulka hodnot tlaku $C_{pe,10}$ [8]

$$h/d = \frac{0}{55} = 0$$

Čára protínající tyto křivky se určí z poměru f/d .

$$f/d = \frac{19}{55} = 0,345$$

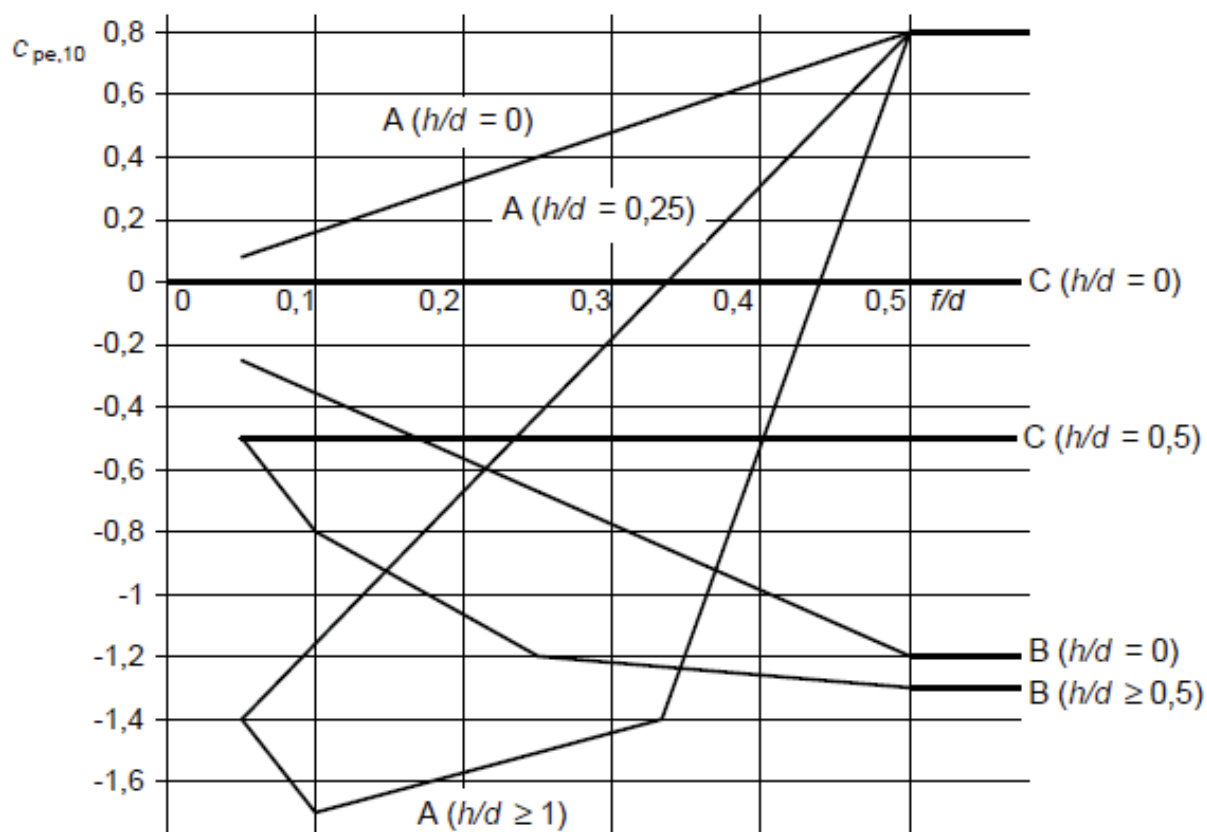
Na základě tohoto poměru vyplývají hodnoty $A = 0,58$, $B = -0,88$, $C = 0$. Tlakové zóny na velkou halu jsou znázorněny na obrázku 350.



Obr. 35: Znázornění tlaků působících na halu

5.5.6 Hodnoty tlaku větru – malá hala

Určení velikosti hodnot A, B, C je určeno normovou tabulkou na základě poměrů h/d . Jelikož hodnota d je v obou případech 0, byly z tabulky zvoleny křivky pro hodnotu 0. Tabulka s křivkami je znázorněna na obrázku níže.



Obr. 36: Tabulka hodnot tlaku $C_{pe,10}$ [8]

$$h/d = \frac{0}{24,25} = 0$$

Čára protínající tyto křivky se určí z poměru f/d .

$$f/d = \frac{9}{24,25} = 0,371$$

Na základě tohoto poměru vyplývají hodnoty $A = 0,60$, $B = -0,92$, $C = 0$.

5.5.8 Výsledné tlaky větru na konstrukce střech

Výsledné tlaky větru se vypočítají dle vzorce:

$$w_k^i = q_p (c_{pe,10} - c_{pi,10}) \cdot a_k$$

Součinitelé vnitřních tlaků jsou u všech střech stejné:

Dle eurokódu pro tlak $c_{pi,10}$ se má použít jedna z hodnot +0,2, -0,3. Výběr hodnoty se má provést tak, aby kombinace s tlakem $c_{pe,10}$ byla co nejnepríznivější.

$$c_{pe,10}^+ = 0,2$$

$$c_{pi,10}^- = -0,3$$

Výsledné tlaky na velkou halu:

Pro $c_{pi,10}^+ = 0,2$, $a_k = 0,8$ m

$$w_k^{A+} = 0,76 \cdot (0,58 - (-0,3)) \cdot 0,8 = 0,547 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{B-} = 0,76 \cdot (-0,88 - 0,2) \cdot 0,8 = -0,657 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{C-} = 0,76 \cdot (0 - 0,2) \cdot 0,8 = -0,122 \text{ kN/m}$$

Výsledné tlaky na malou halu:

Pro $c_{pi,10}^+ = 0,2$, $a_k = 0,8$ m

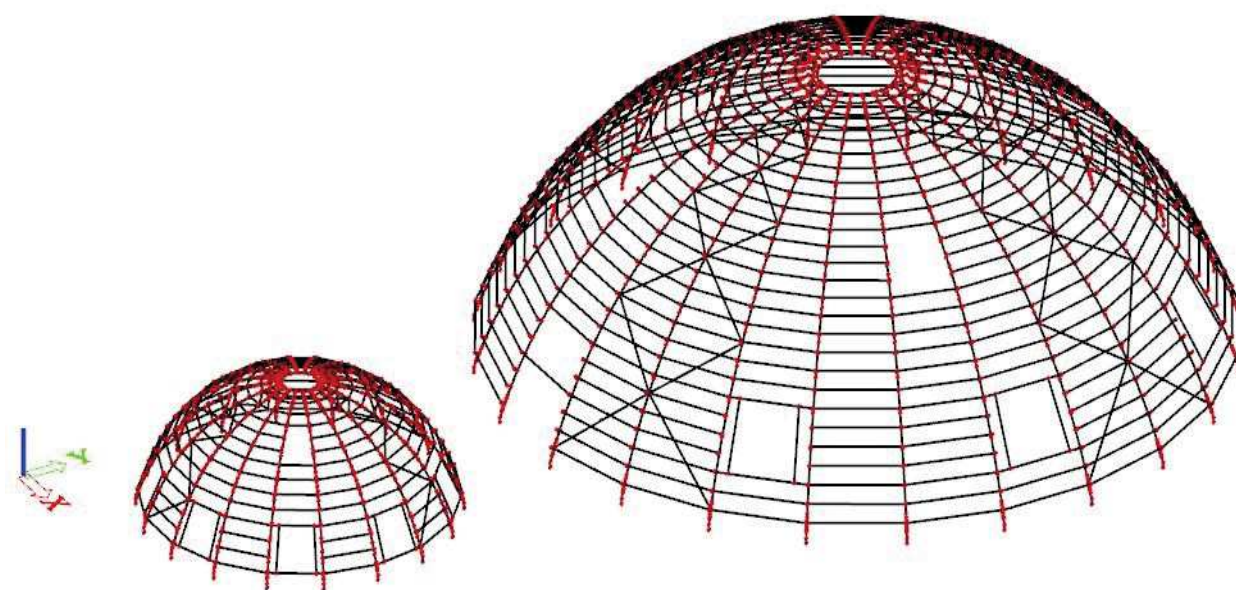
$$w_k^{A+} = 0,556 \cdot (0,60 - (-0,3)) \cdot 0,8 = 0,400 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{B-} = 0,556 \cdot (-0,92 - 0,2) \cdot 0,8 = -0,498 \text{ kN/m}$$

$$w_k^{C-} = 0,556 \cdot (0 - 0,2) \cdot 0,8 = -0,0890 \text{ kN/m}$$

6 Popis modelu

Model 3D konstrukce byl zpracován v programu Scia Engineer a Auto CAD. Celý model byl v první fázi rozkreslen osově v programu Auto CAD s odhadem možných dimenzí konstrukce. Ve spodní části jsou nosníky chyceny do kloubových podpor a přes tuhá ramena simulující ocelový spoj. Ve vrcholu znovu přes tuhá ramena spojený nosník s ocelovým prstencem ve vrcholu kopule. Mezi nosníkové trámy byly propojeny ve směrech u_x , u_y , u_z pomocí pružin jejichž hodnota byla určena na 15,459 MN/m u velké haly, respektive hodnotou 12,88 MN/m u malé haly. Hodnoty jsou spočítány na základě prokluzu uvedených v normě ČSN EN 1995-1-1. V modelu je uvažováno s 4 svorníky 24 mm u velké haly a 4 svorníky 20 mm u malé haly. Konstrukce byla ztužena ocelovým táhly. V místě čepů je uvažováno kloubové spojení. Prutový model znázorněn na obrázku 37



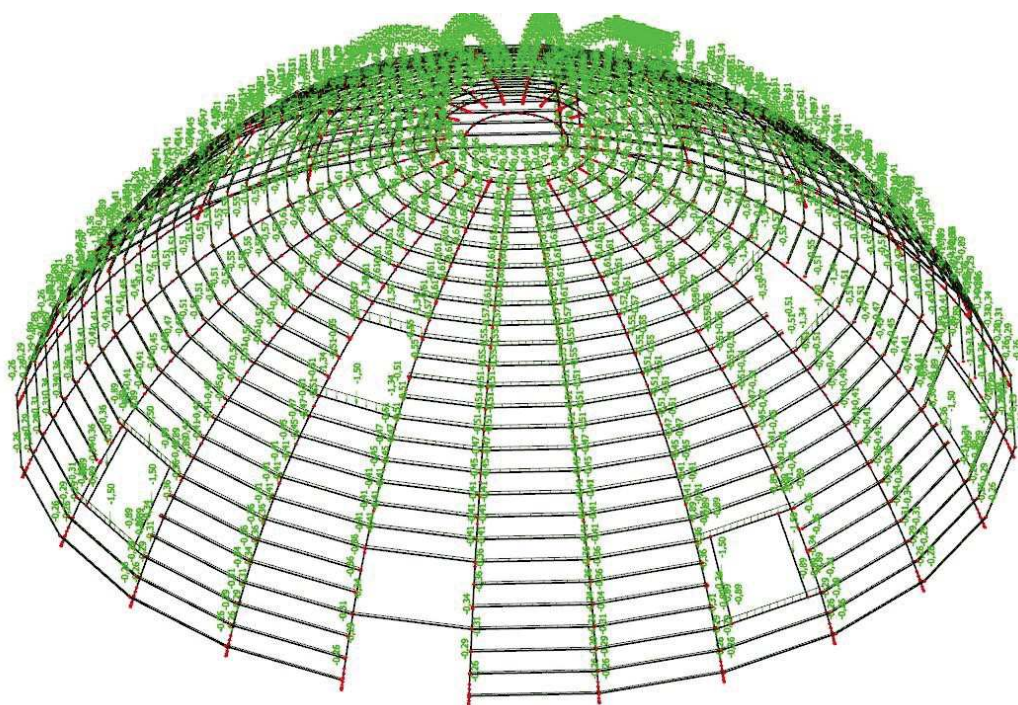
Obr. 37 3D konstrukce modelu v programu Scia Engineer

7 Zatěžovací stavy

Zatížení vytvořilo různé zatěžovací stavy, které byly rozřazeny do skupin dle typu a délky působení. Bylo vytvořeno mnoho kombinací zatěžovacích stavů pro zjištění maximálních vnitřních sil působících v konstrukci. Kombinace byly pronásobeny příslušnými součiniteli na základě pravděpodobnostního výskytu jednotlivých zatěžovacích stavů. Na následujících obrázcích 38 - 43 jsou znázorněny vybrané zatěžovací stavy. Zatížení sněhem a větrem byly do modelu zaváděny jednotlivě na každý příčný trám jinou hodnotou z důvodu rozdílného působení větru v každé části konstrukce, respektive po jiné zatěžovací šířky sněhu na každém příčném trámu.

7.1 Skladba a vlastní tíha

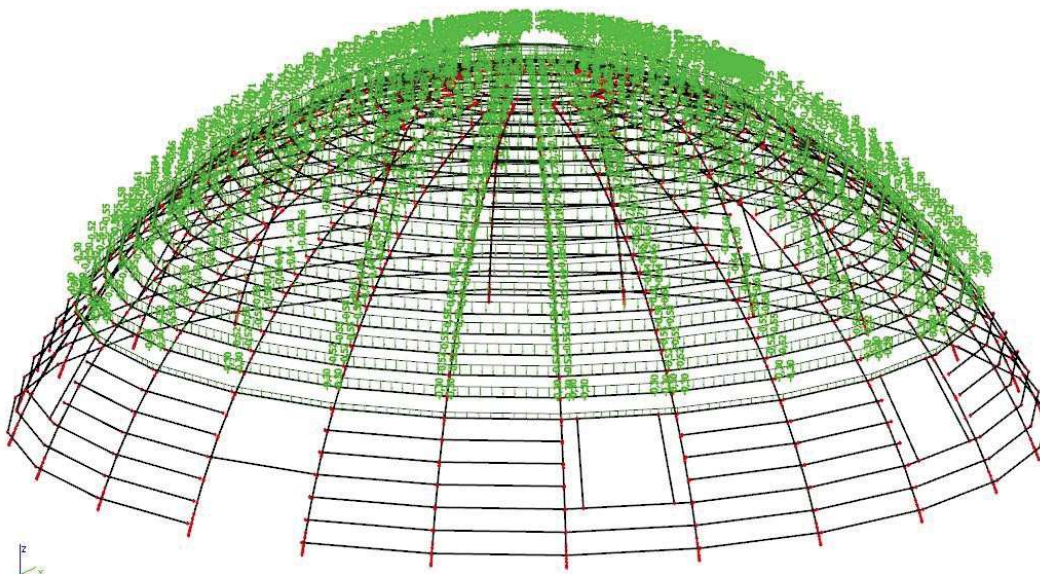
Vlastní tíha prvků byla vygenerována programem SciaEngineer. Skladba byla stanovena na hodnoty $0,559 \text{ kN/m}^2$ u velké haly a $0,569 \text{ kN/m}^2$ u malé haly. Zatěžovací šířka byla v obou případech 1 m.



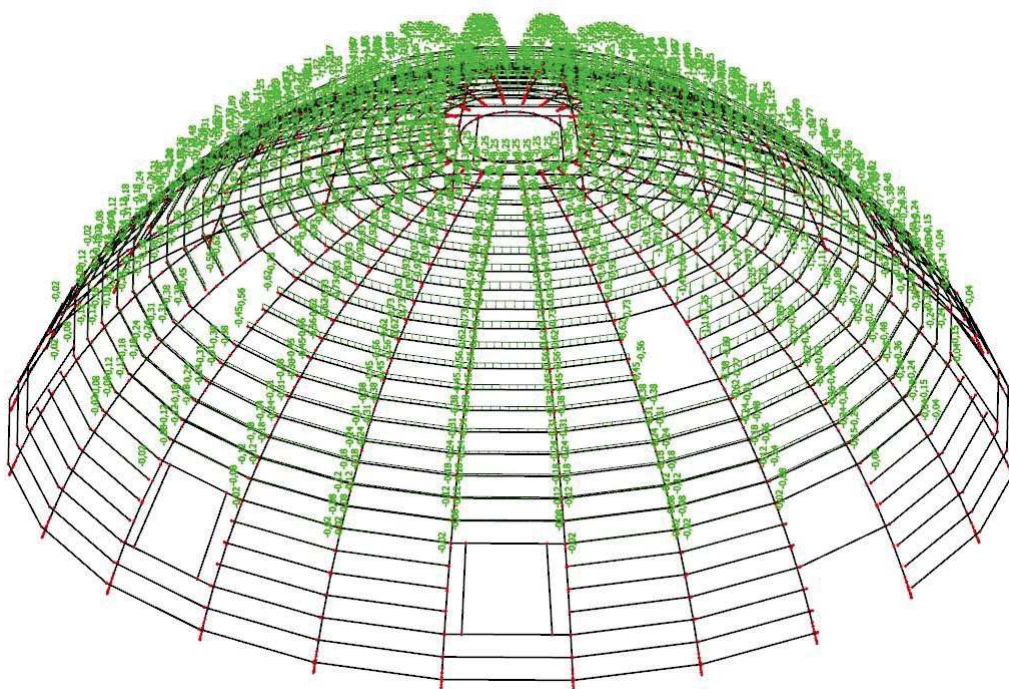
Obr. 38: Ukázka zatížení skladbou konstrukce

7.2 Sněhové zatížení

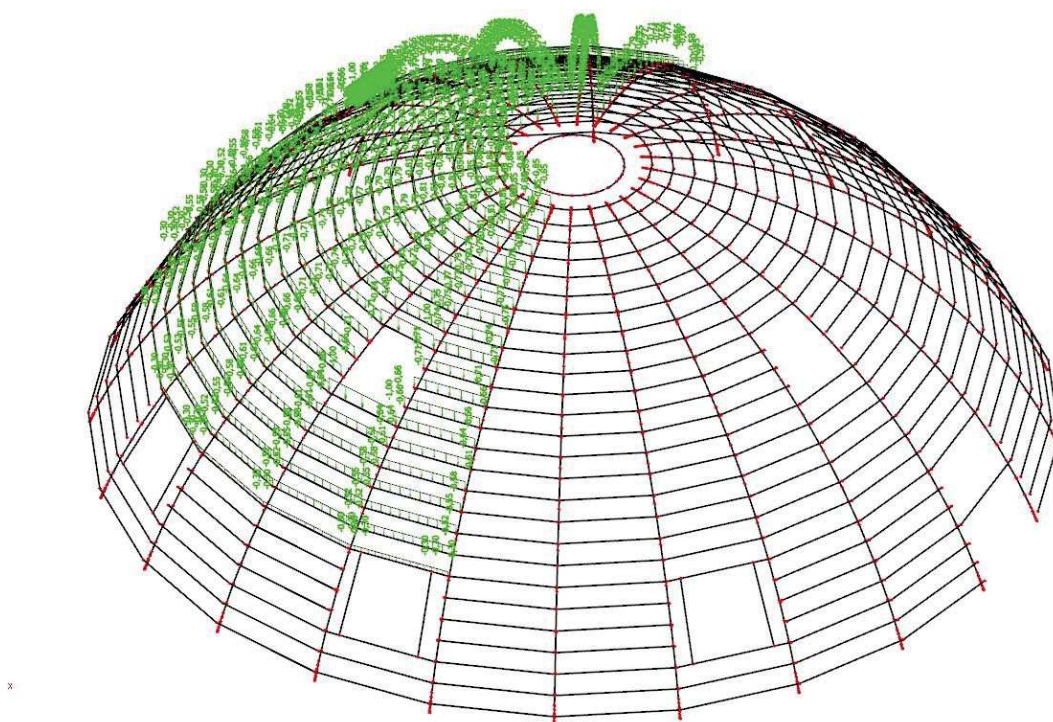
Zatížení sněhem obsahuje celkem 4 zatěžovací stavy. Sníh na celé ploše, sníh navátý na celé ploše a pak dvě mimořádné situace, kdy byl sníh pouze na půlce plochy a sníh navátý na půlce kopule. Sněhové zatížení po celé ploše se pohybuje dle roznášecí šířky v hodnotách od 0,37 kN/m – 0,69 kN/m. Normové zatížení navátým sněhem bylo zobrazeno v předcházejících kapitolách.



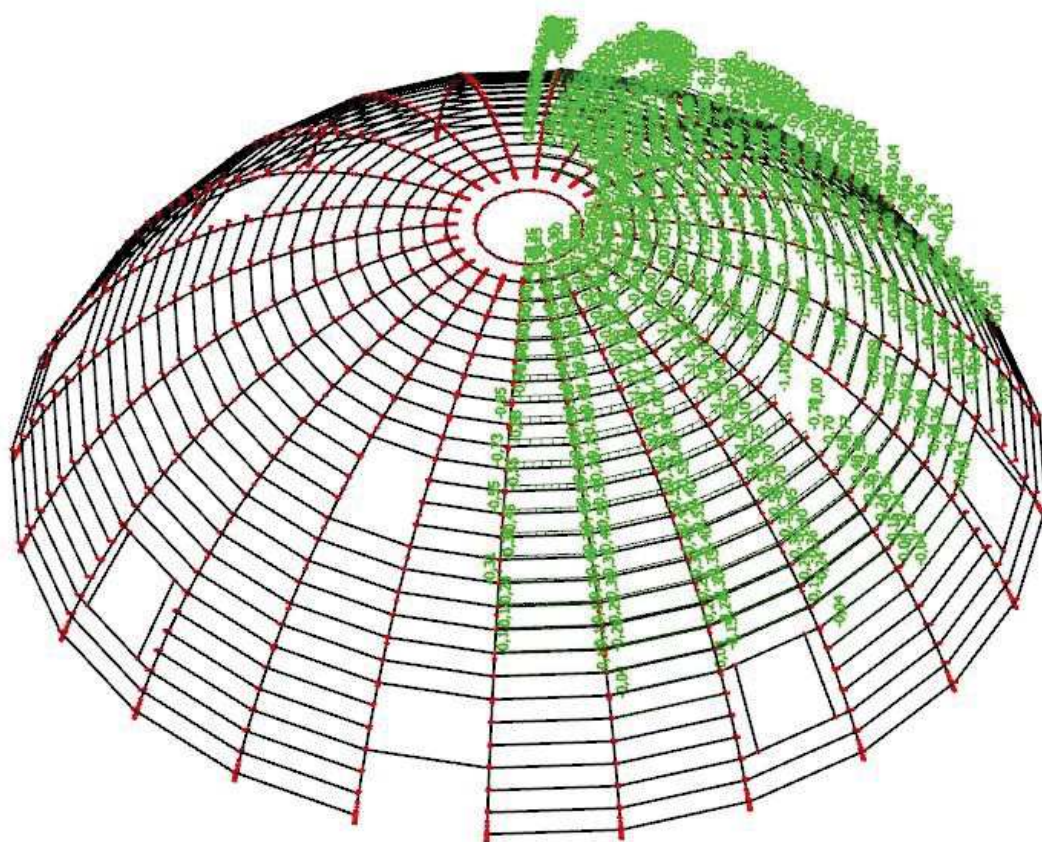
Obr. 39: Zobrazení zatížení sněhem po celé ploše do 60°



Obr. 40: Zatížení sněhem navátým



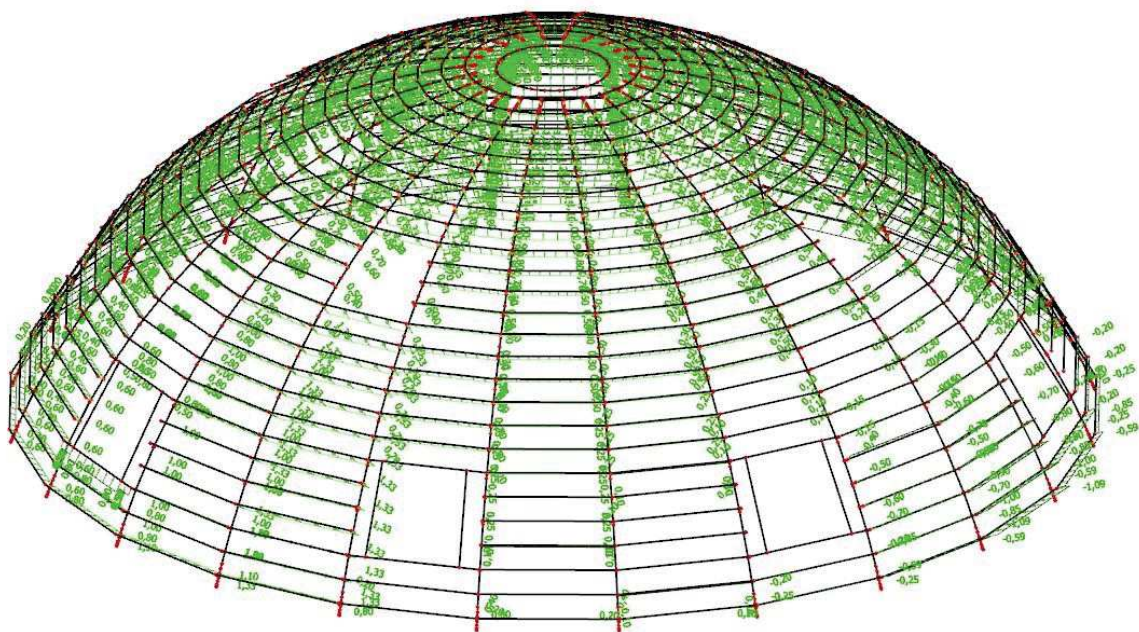
Obr. 41: Zatížení sněhem na půlce plochy



Obr. 42: Zatížení sněhem navátým na půlce plochy

7.3 Větrné zatížení

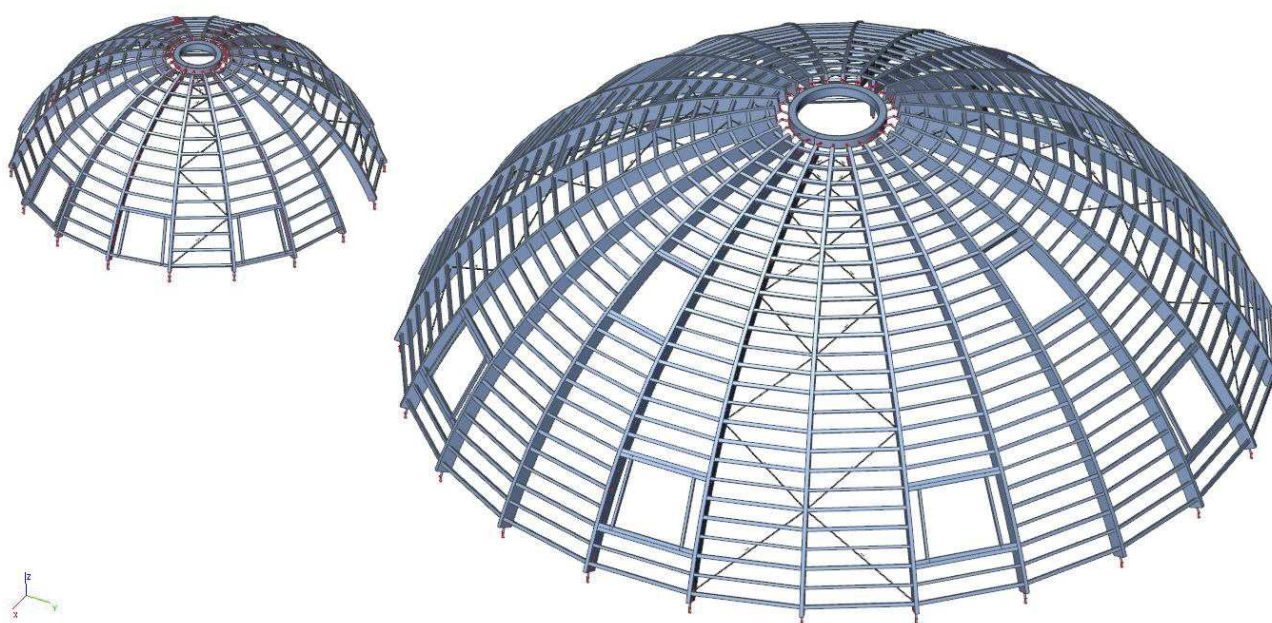
Pro zatížení větrem je uvažován pouze jeden zatěžovací stav. Hodnoty byly zadávány individuálně na každý trám dle polohy v konstrukci.



Obr. 43: Zatížení větrem na velkou halu

8 Statický výpočet rozhodujících nosných prvků dle 1.mezního stavu

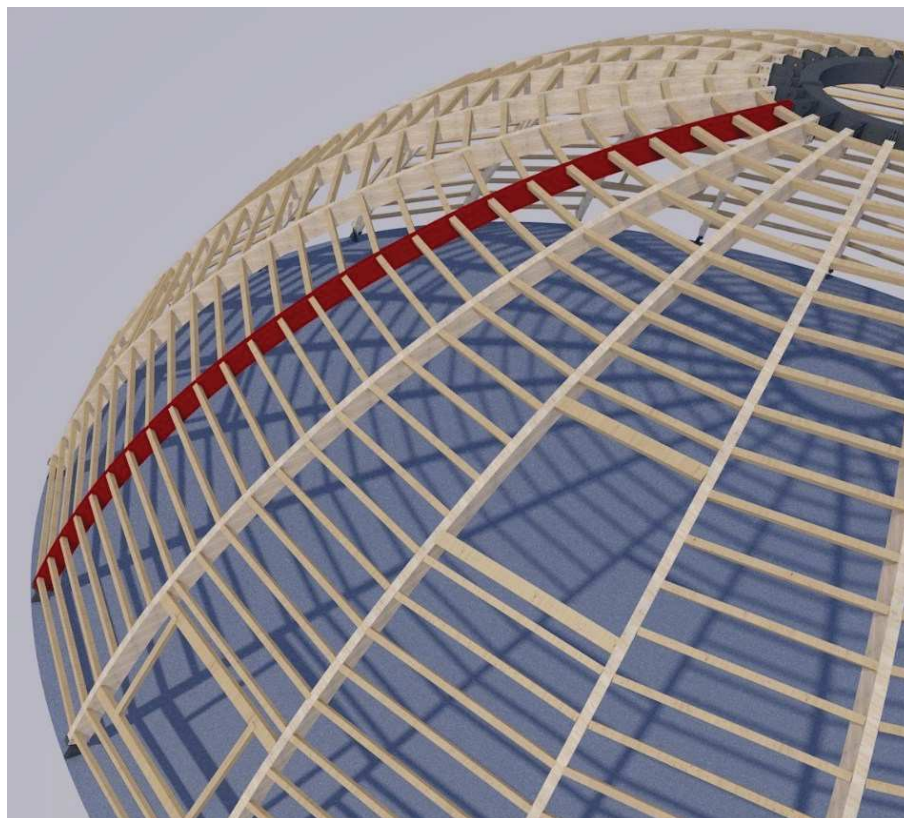
Pro výpočet vnitřních sil byl vytvořen 3D model konstrukce v programu Scia Engineer. Model konstrukce je zobrazen na obrázku 44. Posouzení jednotlivých prvků bylo provedeno dle ČSN EN 1995-1-1, ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8. Byly posouzeny příčné nosníky velké a malé haly, (posouzeny pouze nejvíce zatížené příčné trámy) a prstence obou hal.



Obr. 44: 3D model konstrukce v programu SciaEngineer

8.1 Obloukové nosníky

Nosníky velké haly jsou tvořeny obdélníkovým průřezem 240 x 1 000 mm z lamelového dřeva třídy GL24h. U malé haly jsou navrženy nosníky velikosti 220 x 700 mm. Za nosník je považován prvek zvýrazněný červeně viz. obrázek 45.



Obr. 45: Zvýraznění navrhovaného prvku v konstrukci

8.1.1 Nosníky velké haly

Maximální hodnoty vnitřních sil v nosníku jsou zobrazeny na následujícím obrázku. Zvýrazněny jsou síly, které jsou použity v posudcích.

	Dílec	css	dx [mm]	Stav	N [kN]	Vy [kN]	Vz [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Mx [kNm]
1	B179	nosník velká hala - OB...	18408,020	MSU25/9	-176,81	0,77	1,87	231,63	-12,28	-2,54
2	B179	nosník velká hala - OB...	4147,770	MSU25/9	-322,49	-103,79	23,76	201,38	-69,18	44,10
3	B179	nosník velká hala - OB...	2960,671	MSU25/9	-323,55	-103,79	27,76	170,80	54,03	44,10
4	B568	nosník velká hala - OB...	2927,711	MSU25/9	-327,39	119,69	18,53	163,68	8,37	2,50
5	B40	nosník velká hala - OB...	2960,671	MSU23/6	-288,50	97,33	20,46	149,80	-50,60	-40,36
6	B301	nosník velká hala - OB...	2960,671	MSU25/9	-353,70	-34,78	-14,96	149,03	20,87	17,70
7	B40	nosník velká hala - OB...	5207,780	MSU25/9	-308,52	-49,75	-34,65	107,62	23,96	9,06
8	B742	nosník velká hala - OB...	451,511	MSU25/9	-305,51	4,48	122,83	98,97	5,23	0,67
9	B40	nosník velká hala - OB...	587,570	MSU29/3	-194,10	68,09	77,17	73,38	88,78	10,21
10	B1099	nosník velká hala - OB...	30379,340	MSU50/12	61,29	3,39	-17,79	5,09	-1,98	-2,50
11	B568	nosník velká hala - OB...	16579,430	MSU36/14	-165,11	-3,87	-4,13	-115,33	-7,84	0,47

Obr. 46: Vnitřní síly v nosnících velké haly

Návrhové hodnoty únosnosti jsou vypočítány dle vzorce $f_d = k_{mod} \cdot \frac{f_k}{\gamma_M}$

Pro $k_{mod} = 0,8$, třída provozu 1

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{18}{1,25} = 11,52 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,35}{1,25} = 0,224 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{5,5}{1,25} = 3,52 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3}{1,25} = 1,79 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

$$b = 240 \text{ mm}$$

$$h = 1\,000 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 240 \cdot 1\,000 = 240\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 240 \cdot 1\,000^3 = 20\,000\,000\,000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 240 \cdot 1\,000^2 = 40\,000\,000 \text{ mm}^3$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = \frac{1}{12} \cdot 240^3 \cdot 1\,000 = 1\,152\,000\,000 \text{ mm}^4$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h = \frac{1}{6} \cdot 240^2 \cdot 1\,000 = 9\,600\,000 \text{ mm}^3$$

Posouzení na prostý smyk

$$\tau_{v,y} = \frac{3 \cdot V_{y,příslušné}}{2 \cdot k_{cr} \cdot A_v} = \frac{3 \cdot 119,69 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,24 \cdot 1,00} = 1,12 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,y} \leq f_{v,d} \Rightarrow 1,12 \text{ MPa} < 1,73 \text{ MPa}$$

0,65 < 1 ; VYHOVUJE

$$\tau_{v,z} = \frac{3 \cdot V_{z,příslušné}}{2 \cdot k_{cr} \cdot A_v} = \frac{3 \cdot 122,83 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,24 \cdot 1,0} = 1,15 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,z} \leq f_{v,d} \Rightarrow 1,15 \text{ MPa} < 1,73 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{0,66 < 1 ; VYHOVUJE}$$

Posouzení na dvojsoou napjatost ve smyku

$$\frac{\sqrt{\tau_{v,y}^2 + \tau_{v,z}^2}}{f_{v,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sqrt{0,54^2 + 0,37^2}}{1,73} \leq 1$$

$$\mathbf{0,56 < 1 ; VYHOVUJE}$$

Posouzení ohybového momentu ve vrcholu nosníku se považuje oblast, kde má nosník maximální vzepětí:

$$M_{ap,d} = -231,63 \text{ kNm}$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot tg_{\alpha_{ap}} + 5,4 \cdot tg_{\alpha_{ap}}^3$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot 0 + 5,4 \cdot 0^3 = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot tg_{\alpha_{ap}}$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot 0 = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot tg_{\alpha_{ap}} - 7,8 \cdot tg_{\alpha_{ap}}^2$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot 0 - 7,8 \cdot 0^2 = 0,6$$

$$k_4 = 6 \cdot tg_{\alpha_{ap}}^2$$

$$k_4 = 6 \cdot 0^2 = 0$$

$$k_l = k_1 + k_2 \cdot \frac{h_{ap}}{r} + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r}\right)^3$$

$$k_l = 1 + 0,35 \cdot \frac{1,00}{29} + 0,6 \cdot \left(\frac{1,00}{29}\right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{1,00}{29}\right)^3 = 1,0128$$

$$k_r = \begin{cases} 1,0 & \text{pro } \frac{r_{in}}{t} = \frac{28400}{40} \geq 240 \\ 0,76 + 0,001 \cdot \frac{r_{in}}{t} & \text{pro } \frac{r_{in}}{t} < 240 \end{cases} \Rightarrow k_r = 1,0$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \leq k_r \cdot f_{m,g,d}$$

$$\sigma_{m,d} = 1,0128 \cdot \frac{6 \cdot 231,63}{0,24 \cdot 1,00^2} = 5,86 \text{ MPa} \leq k_r \cdot f_{m,g,d} = 1,0 \cdot 15,36 = 15,36 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{0,38 < 1 ; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{přislusné}}{A} = \frac{353\,700}{1\,000 \cdot 240} = 1,47 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \Rightarrow 1,47 \text{ MPa} < 15,36 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{0,10 < 1 ; \text{ VYHOVUJE}}$$

Tah kolmo k vláknům v oblasti největším momentem

Hodnoty V_b a V byly převzaty z programu ArchiCad.

$$V_b = 4,916 \text{ m}^3$$

$$V = 2,43 \text{ m}^3$$

$$k_{dis} \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot f_{t,90,g,d} = 1,4 \cdot \left(\frac{0,01}{2,43}\right)^{0,2} \cdot 0,196 = 0,091 \text{ MPa}$$

$$k_p = 0,25 \cdot \frac{h_{ap}}{r} = 0,25 \cdot \frac{1,0}{29} = 0,00862$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 0,00862 \cdot \frac{6 \cdot 231,63}{0,24 \cdot 1,00^2} = 0,050 \text{ MPa} \leq 0,091 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{0,55 < 1 ; \text{ VYHOVUJE}}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{Y_M} = 0,7 \cdot \frac{0,35}{1,25} = 0,196 \text{ MPa}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{mz,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{1,34}{15,36}\right)^2 + \frac{5,03}{15,36} + 0,7 \cdot \frac{7,21}{15,36} \leq 1$$

$$0,71 < 1 ; \text{ VYHOVUJE}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{1,34}{15,36}\right)^2 + 0,7 \cdot \frac{5,03}{15,36} + \frac{7,21}{15,36} \leq 1$$

$$0,66 < 1 ; \text{ VYHOVUJE}$$

Stabilita a kombinace ohybu a osového tlaku

$$l_{ef} = 0,9 \cdot s + 2h = 0,9 \cdot 28\,400 + 2 \cdot 1000 = 27\,560 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{ef}} = \frac{0,78 \cdot 240^2 \cdot 8800}{1000 \cdot 27\,560} = 14,35 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{14,35}} = 1,29$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \cdot 1,29 = 0,59$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{20\,000\,000\,000}{1000 \cdot 240}} = 288,68 \text{ mm}$$

$$\lambda_y = \frac{L_{vzp,y}}{i_y} = \frac{28\,400}{288,68} = 95,47$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{95,47}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8800}} = 1,59$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,59 - 0,3) + 1,59^2) = 1,82$$

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_{zy}^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{1,82 + \sqrt{1,82^2 - 1,59^2}} = 0,37$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{1\,152\,000\,000}{1000 \cdot 240}} = 69,28 \text{ mm}$$

Hodnota $L_{vzp,z}$ je určena ze vzdálenosti příčných trámů.

$$\lambda_z = \frac{L_{vzp,z}}{i_z} = \frac{1\,000}{69,28} = 17,32$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{17,32}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8800}} = 0,29$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,29 - 0,3) + 0,29^2) = 0,54$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,54 + \sqrt{0,54^2 - 0,29^2}} = 1,00$$

$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,y} \cdot f_{c,0,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{5,03}{0,58 \cdot 15,36} \right)^2 + \frac{1,34}{0,37 \cdot 15,36} \leq 1$$

$$0,55 < 1 ; \text{ VYHOVUJE }$$

8.1.2 Nosníky malé haly

Maximální hodnoty vnitřních sil v nosíku jsou zobrazeny na následujícím obrázku. Síly použité v posudcích jsou zvýrazněny červeným rámečkem.

	Dílec	css	dx [mm]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Mx [kNm]
1	B2675	nosník malé haly - OBDEL	12839,311	MSU30/1	-196,65	16,74	-51,34	15,41	-7,06	-2,71
2	B2623	nosník malé haly - OBDEL	12236,320	MSU38/2	79,07	-13,09	-7,37	8,76	-3,93	-1,18
3	B2149	nosník malé haly - OBDEL	12839,311	MSU38/2	40,59	-27,43	40,79	6,10	4,55	1,68
4	B2149	nosník malé haly - OBDEL	12912,070	MSU34/3	35,89	-30,41	40,20	5,34	7,32	1,67
5	B2675	nosník malé haly - OBDEL	131,051	MSU4/4	-107,89	43,26	-2,04	14,76	-1,52	-0,34
6	B2781	nosník malé haly - OBDEL	3346,781	MSU23/5	-70,47	22,13	19,03	97,72	9,85	-11,35
7	B2833	nosník malé haly - OBDEL	3346,781	MSU23/5	-73,44	24,63	-19,94	104,87	-16,08	10,74
8	B2307	nosník malé haly - OBDEL	10556,090	MSU38/2	-88,81	-1,36	0,92	-4,46	1,68	0,76
9	B2833	nosník malé haly - OBDEL	4331,410	MSU23/5	-71,16	25,80	-19,94	131,24	-36,40	9,39
10	B2833	nosník malé haly - OBDEL	4331,411	MSU23/5	-93,88	-18,71	21,31	131,06	-36,44	6,30
11	B2781	nosník malé haly - OBDEL	4331,411	MSU23/5	-92,24	-23,09	-10,74	121,34	29,35	-7,11

Obr. 47: Vnitřní síly v nosnicích malé haly

Návrhové hodnoty únosnosti jsou vypočítány dle vzorce $f_d = k_{mod} \frac{f_k}{\gamma_M}$

Pro $k_{mod} = 0,8$, třída provozu 1

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{18}{1,25} = 11,52 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,35}{1,25} = 0,224 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,25} = 15,36 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{5,5}{1,25} = 3,52 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{3}{1,25} = 1,79 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

$$b = 220 \text{ mm}$$

$$h = 700 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 220 \cdot 700 = 154\,000 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 220 \cdot 700^3 = 6\,288\,333\,333 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 220 \cdot 700^2 = 17\,966\,666 \text{ mm}^3$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = \frac{1}{12} \cdot 220^3 \cdot 700 = 621\,133\,333 \text{ mm}^4$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h = \frac{1}{6} \cdot 220^2 \cdot 700 = 5\,646\,666 \text{ mm}^3$$

Posouzení na prostý smyk

$$\tau_{v,y} = \frac{3 \cdot V_{y,příslušné}}{2 \cdot k_{cr} \cdot A_v} = \frac{3 \cdot 51,36 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,22 \cdot 0,70} = 0,75 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,y} \leq f_{v,g,d} \Rightarrow 0,75 \text{ MPa} < 1,79 \text{ MPa}$$

0,42 < 1 ; VYHOVUJE

$$\tau_{v,z} = \frac{3 \cdot V_{z,příslušné}}{2 \cdot k_{cr} \cdot A_v} = \frac{3 \cdot 43,26 \cdot 10^3}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,22 \cdot 0,70} = 0,63 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,z} \leq f_{v,g,d} \Rightarrow 0,63 \text{ MPa} < 1,79 \text{ MPa}$$

0,35 < 1 ; VYHOVUJE

Posouzení na dvojnosou napjatost ve smyku

$$\frac{\sqrt{\tau_{v,y}^2 + \tau_{v,z}^2}}{f_{v,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{\sqrt{0,44^2 + 0,58^2}}{1,79} \leq 1$$

0,42 < 1 ; VYHOVUJE

Posouzení ohybového momentu ve vrcholu nosníku se považuje oblast, kde má nosník maximální vzepětí:

$$M_{ap,d} = -131,24 \text{ kNm}$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} + 5,4 \cdot \operatorname{tg}^3 \alpha_{ap}$$

$$k_1 = 1 + 1,4 \cdot 0 + 5,4 \cdot 0^3 = 1$$

$$k_2 = 0,35 - 8 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap}$$

$$k_2 = 0,35 - 9 \cdot 0 = 0,35$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot \operatorname{tg} \alpha_{ap} - 7,8 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap}$$

$$k_3 = 0,6 + 8,3 \cdot 0 - 7,8 \cdot 0^2 = 0,6$$

$$k_4 = 6 \cdot \operatorname{tg}^2 \alpha_{ap}$$

$$k_4 = 6 \cdot 0^2 = 0$$

$$k_l = k_1 + k_2 \cdot \frac{h_{ap}}{r} + k_3 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^2 + k_4 \cdot \left(\frac{h_{ap}}{r} \right)^3$$

$$k_l = 1 + 0,35 \cdot \frac{0,7}{11,3} + 0,6 \cdot \left(\frac{0,7}{11,3} \right)^2 + 0 \cdot \left(\frac{0,7}{11,3} \right)^3 = 1,013$$

$$k_r = \begin{cases} 1,0 & \text{pro } \frac{r_{in}}{t} = \frac{11100}{40} \geq 240 \\ 0,76 + 0,001 \cdot \frac{r_{in}}{t} & \text{pro } \frac{r_{in}}{t} < 240 \end{cases} \Rightarrow k_r = 1,0$$

$$\sigma_{m,d} = k_l \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} \leq k_r \cdot f_{m,g,d}$$

$$\sigma_{m,d} = 1,01 \cdot \frac{6 \cdot 131,24}{0,22 \cdot 0,70^2} = 7,47 \text{ MPa} \leq k_r \cdot f_{m,g,d} = 1,0 \cdot 15,36 = 15,36 \text{ MPa} =$$

$$\mathbf{0,49 < 1 ; VYHOVUJE}$$

Posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{příslušné}}{A} = \frac{196,65 \cdot 10^3}{700 \cdot 220} = 1,28 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,g,d} \Rightarrow 1,28 \text{ MPa} < 15,36 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{0,08 < 1 ; VYHOVUJE}$$

Tah kolmo k vláknům ve vrcholu vazníku

Hodnoty V_b a V byly převzaty z programu ArchiCad.

$$V_b = 0,81$$

$$V = 0,35$$

$$k_{dis} \cdot \left(\frac{V_0}{V}\right)^{0,2} \cdot f_{t,90,g,d} = 1,4 \cdot \left(\frac{0,01}{0,35}\right)^{0,2} \cdot 0,196 = 0,135 \text{ MPa}$$

$$k_p = 0,25 \cdot \frac{h_{ap}}{r} = 0,25 \cdot \frac{0,4}{11,3} = 0,01$$

$$\sigma_{t,90,d} = k_p \cdot \frac{6 \cdot M_{ap,d}}{b \cdot h_{ap}^2} = 0,01 \cdot \frac{6 \cdot 131,24}{0,22 \cdot 0,70^2} = 0,11 \text{ MPa} \leq 0,135 \text{ MPa}$$

$$\mathbf{0,81 < 1 ; \text{ VYHOVUJE}}$$

Kombinace ohybu a osového tlaku

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,g,d}}\right)^2 + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{mz,d}}{f_{m,z,g,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{0,61}{15,36}\right)^2 + \frac{7,29}{15,36} + 0,7 \cdot \frac{6,45}{15,36} \leq 1$$

$$\mathbf{0,77 < 1 ; \text{ VYHOVUJE}}$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{f_{c,0,g,d}}\right)^2 + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{mz,d}}{f_{m,z,g,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{0,61}{15,36}\right)^2 + 0,7 \cdot \frac{7,29}{15,36} + \frac{6,45}{15,36} \leq 1$$

$$\mathbf{0,75 < 1 ; \text{ VYHOVUJE}}$$

Stabilita a kombinace ohybu a osového tlaku

$$l_{ef} = 0,9 \cdot s + 2h = 0,9 \cdot 12\,900 + 2 \cdot 700 = 13\,010 \text{ mm}$$

$$\sigma_{m,crit} = \frac{0,78 \cdot b^2 \cdot E_{0,05}}{h \cdot l_{ef}} = \frac{0,78 \cdot 220^2 \cdot 8800}{700 \cdot 13\,010} = 38,55 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{f_{m,g,k}}{\sigma_{m,crit}}} = \sqrt{\frac{24}{38,55}} = 0,79$$

$$k_{crit} = 1,56 - 0,75 \cdot \lambda_{rel,m} = 1,56 - 0,75 \cdot 0,79 = 0,96$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{6\,283\,333\,333}{700 \cdot 220}} = 202 \text{ mm}$$

$$\lambda_z = \frac{L_{vzp,z}}{i_z} = \frac{13\,010}{202} = 64,38$$

$$\lambda_{rel,z} = \frac{\lambda_z}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{0,05}}} = \frac{64,38}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8800}} = 1,07$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,z} - 0,3) + \lambda_{rel,z}^2)$$

$$k_z = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (1,07 - 0,3) + 1,07^2) = 1,11$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{1,11 + \sqrt{1,11^2 - 1,11^2}} = 0,71$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{621\,133\,333}{700 \cdot 220}} = 63,51 \text{ mm}$$

Hodnota $L_{vzp,y}$ je určena ze vzdálenosti příčných trámů.

$$\lambda_y = \frac{L_{vzp,y}}{i_y} = \frac{1\,000}{63,51} = 18,90$$

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,g,k}}{E_{0,05}}} = \frac{18,90}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{24}{8800}} = 0,31$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2)$$

$$k_y = 0,5 \cdot (1 + 0,1 \cdot (0,31 - 0,3) + 0,31^2) = 0,55$$

$$k_{c,z} = \frac{1}{k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}} = \frac{1}{0,55 + \sqrt{0,55^2 - 0,55^2}} = 0,998$$

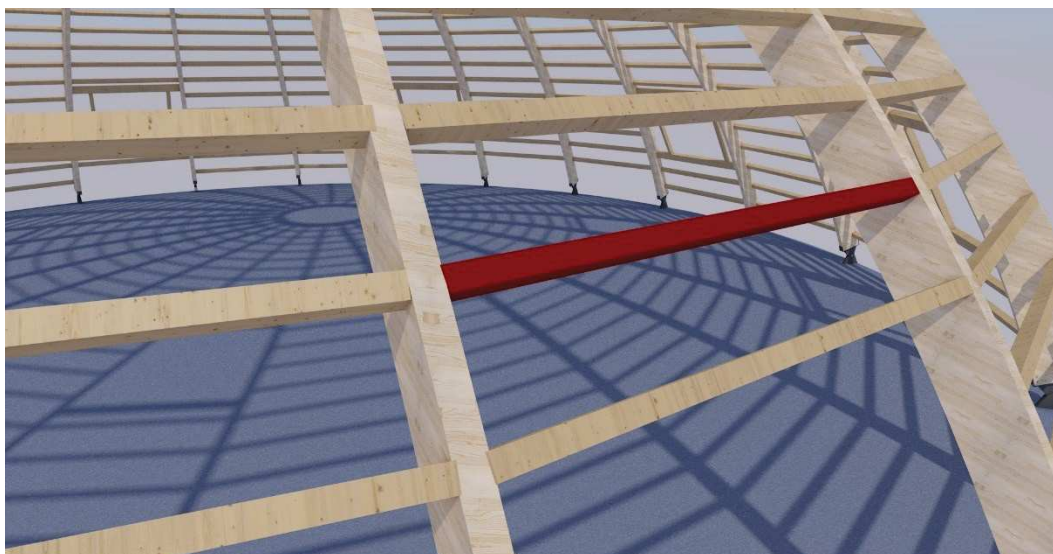
$$\left(\frac{\sigma_{m,d}}{k_{crit} \cdot f_{m,g,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{c,d}}{k_{c,z} \cdot f_{c,0,g,d}} \leq 1$$

$$\left(\frac{7,29}{0,96 \cdot 15,36} \right)^2 + \frac{0,61}{0,71 \cdot 15,36} \leq 1$$

0,30 < 1 ; VYHOVUJE

8.2 Příčné trámy

V následujících odstavcích je proveden výpočet nejvíce zatíženého příčného trámu mezi obloukovými nosníky. V konstrukci obou hal jsou k dosažení úspory materiálu dimenze příčných trámů zmenšovány směrem k vrcholu kopule. Za příčný trám mezi obloukovými nosníky se považuje červeně zvýrazněný prvek na obrázku 48. Vnitřní síly vznikající v příčných trámech mezi nosníky jsou zobrazeny na obrázku 49.



Obr. 48: Zvýraznění navrhovaného prvku v konstrukci

8.2.1 Trámy velké haly

Zvýrazněny jsou síly, které jsou použity v posudcích.

	Dílec	css	dx [mm]	Stav	My [kN...]	N [kN]	Mz [kNm]	Mx [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]
1	B1673	trámy velká hala - OBDEL	3427,870	MSU43/2	-11,99	14,41	5,51	0,00	0,00	0,00
2	B77	trámy velká hala - OBDEL	3489,040	MSU48/5	-5,30	0,38	-9,97	0,01	0,00	0,00
3	B1661	trámy velká hala - OBDEL	3489,040	MSU43/2	-4,34	15,71	11,73	0,00	0,00	0,00
4	B1215	trámy velká hala - OBDEL	0,000	MSU30/4	0,00	-4,22	0,00	0,08	0,54	-0,38
5	B157	trámy velká hala - OBDEL	0,000	MSU26/3	0,00	-3,66	0,00	-0,08	1,06	-0,30
6	B1045	trámy velká hala - OBDEL	0,000	MSU25/1	0,00	-28,63	0,00	0,02	5,79	-3,43
7	B1661	trámy velká hala - OBDEL	6978,080	MSU43/2	0,00	15,71	0,00	0,00	-6,72	2,49
8	B1661	trámy velká hala - OBDEL	0,000	MSU43/2	0,00	15,71	0,00	0,00	6,72	-2,49
9	B1673	trámy velká hala - OBDEL	6855,740	MSU43/2	0,00	14,41	0,00	0,00	-3,21	7,00
10	B1673	trámy velká hala - OBDEL	0,000	MSU43/2	0,00	14,41	0,00	0,00	3,21	-7,00
11	B3098	trámy velká hala - OBDEL	0,000	MSU25/1	3,12	33,49	-2,78	-0,01	2,45	-2,79
12	B89	trámy velká hala - OBDEL	3427,870	MSU48/5	8,95	0,50	4,80	0,01	0,00	0,00

Obr. 49: Vnitřní síly v příčných trámech mezi nosníky velké haly

Návrhové hodnoty jsou vypočítány dle vzorce $f_d = k_{mod} \frac{f_k}{\gamma_M}$

Pro $k_{mod} = 0,8$, třída provozu I

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{18}{1,3} = 8,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,35}{1,3} = 0,224 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5}{1,3} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

$$b = 180 \text{ mm}$$

$$h = 220 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 180 \cdot 220 = 39\,600 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 180 \cdot 220^3 = 159\,720\,000 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 180 \cdot 220^2 = 1\,452\,000 \text{ mm}^3$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = \frac{1}{12} \cdot 180^3 \cdot 220 = 106\,920\,000 \text{ mm}^4$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h = \frac{1}{6} \cdot 180^2 \cdot 220 = 1\,188\,000 \text{ mm}^3$$

Posudek na jednoosý ohyb:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W_y} = \frac{11,99}{1\,452\,000} = 8,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}; 8,26 \leq 14,77$$

0,56 < 1; VYHOVUJE

Posudek na jednoosý ohyb:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W_z} = \frac{11,73}{1\,188\,000} = 9,87 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,g,d}; 8,26 \leq 14,77$$

$$0,67 < 1; \text{ VYHOVUJE}$$

Posudek na dvouosý ohyb:

$$\sigma_{m,y} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{11,99}{1\,452\,000} = 8,26 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{5,51}{1\,188\,000} = 4,63 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,g,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1; \frac{8,26}{14,77} + 0,7 \cdot \frac{4,63}{14,77} \leq 1;$$

$$0,78 < 1; \text{ VYHOVUJE}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,g,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,g,d}} \leq 1; 0,7 \cdot \frac{8,26}{14,77} + \frac{4,63}{14,77} \leq 1;$$

$$0,71 < 1; \text{ VYHOVUJE}$$

Posudek na smyk:

$$\tau_{E,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ED}}{k_{cr} b h} = \frac{3 \cdot 6,72}{2 \cdot 0,67 \cdot 180 \cdot 220} = 0,38 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,g,d}; 0,38 \text{ MPa} \leq 2,46 \text{ MPa}$$

$$0,15 < 1; \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{příslušné}}{A} = \frac{28,63 \cdot 10^3}{180 \cdot 220} = 0,72 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,g,d} \Rightarrow 0,72 \text{ MPa} < 12,92 \text{ MPa}$$

$$0,06 < 1; \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení na tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{příslušné}}{A} = \frac{33,49 \cdot 10^3}{180 \cdot 220} = 0,85 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,g,d} \Rightarrow 0,85 \text{ MPa} < 8,62 \text{ MPa}$$

0,10 < 1; VYHOVUJE

Kombinace ohybu a osového tahu

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{mz,d}}{f_{m,z,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,44}{8,62} + \frac{9,29}{14,77} + 0,7 \cdot \frac{5,87}{14,77} \leq 1$$

0,78 < 1; VYHOVUJE

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,g,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,g,d}} + \frac{\sigma_{mz,d}}{f_{m,z,g,d}} \leq 1$$

$$\frac{0,44}{8,62} + 0,7 \cdot \frac{9,29}{14,77} + \frac{5,87}{14,77} \leq 1$$

0,71 < 1; VYHOVUJE

Posudek na kombinaci osového tlaku a ohybu nebyl proveden, jelikož hodnota tahu dosahuje větší hodnoty.

8.2.2 Trámy malé haly

Výsledné vnitřní síly vznikající v příčných trámech mezi obloukovými nosníky jsou zobrazeny na obrázku. Zvýrazněny jsou síly, které jsou použity v posudcích.

	Dílec	css	dx [mm]	Stav	My [kN...]	N [kN]	Mz [kNm]	Mx [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]
1	B2177	trámy malé haly ...	1959,510	MSU43/7	2,41	2,24	2,19	0,00	0,00	0,00
2	B2174	trámy malé haly ...	1724,180	MSU35/3	1,99	1,63	2,91	0,00	0,00	0,00
3	B2436	trámy malé haly ...	1514,000	MSU48/6	0,85	0,11	-0,58	0,00	0,00	0,00
4	B2165	trámy malé haly ...	0,000	MSU38/1	0,00	-0,02	0,00	-0,05	0,44	0,98
5	B2853	trámy malé haly ...	2216,900	MSU30/4	0,00	-1,01	0,00	0,00	-1,92	-2,84
6	B2597	trámy malé haly ...	0,000	MSU38/1	0,00	-3,66	0,00	-0,01	1,95	0,79
7	B2691	trámy malé haly ...	0,000	MSU34/5	0,00	0,06	0,00	0,05	0,11	0,50
8	B2174	trámy malé haly ...	3448,350	MSU35/3	0,00	1,63	0,00	0,00	-3,38	-2,30
9	B2174	trámy malé haly ...	0,000	MSU35/3	0,00	1,63	0,00	0,00	3,38	2,30
10	B2853	trámy malé haly ...	0,000	MSU30/4	0,00	-1,01	0,00	0,00	1,92	2,84
11	B2177	trámy malé haly ...	0,000	MSU36/2	0,00	8,28	0,00	0,02	1,95	1,72
12	B2911	trámy malé haly ...	1959,510	MSU48/6	-1,68	1,12	1,91	0,00	0,00	0,00

Obr. 50: Vnitřní síly v příčných trámech mezi nosníky malé haly

Návrhové hodnoty únosnosti jsou vypočítány dle vzorce $f_d = k_{mod} \frac{f_k}{\gamma_M}$

Pro $k_{mod} = 0,8$, třída provozu I

$$f_{m,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 14,77 \text{ MPa}$$

$$f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{18}{1,3} = 8,62 \text{ MPa}$$

$$f_{t,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{0,35}{1,3} = 0,224 \text{ MPa}$$

$$f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{24}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$$

$$f_{c,90,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,90,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{2,5}{1,3} = 1,53 \text{ MPa}$$

$$f_{v,g,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,g,k}}{\gamma_M} = 0,8 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,46 \text{ MPa}$$

Průřezové charakteristiky

$$b = 160 \text{ mm}$$

$$h = 180 \text{ mm}$$

$$A = b \cdot h = 160 \cdot 180 = 28\,800 \text{ mm}^2$$

$$I_y = \frac{1}{12} \cdot b \cdot h^3 = \frac{1}{12} \cdot 160 \cdot 160^3 = 54\,613\,333 \text{ mm}^4$$

$$W_y = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 160 \cdot 160^2 = 682\,666 \text{ mm}^3$$

$$I_z = \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot h = \frac{1}{12} \cdot 160^3 \cdot 160 = 54\,613\,333 \text{ mm}^4$$

$$W_z = \frac{1}{6} \cdot b^2 \cdot h = \frac{1}{6} \cdot 160^2 \cdot 160 = 682\,666 \text{ mm}^3$$

Posudek na jednoosý ohyb:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M}{W_z} = \frac{2,91}{682\,666} = 3,78 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}; 3,78 \leq 14,77$$

0,26 < 1; VYHOVUJE

Posudek na dvouosý ohyb:

$$\sigma_{m,y} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{1,99}{682\,666} = 2,92 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{m,z} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{2,91}{682\,666} = 4,26 \text{ MPa}$$

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1; \frac{2,92}{14,77} + 1 \cdot \frac{4,26}{14,77} \leq 1;$$

0,49 < 1; VYHOVUJE

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,d}} \leq 1; 0,7 \cdot \frac{2,92}{14,77} + \frac{4,26}{14,77} \leq 1;$$

0,49 < 1; VYHOVUJE

Posudek na smyk:

$$\tau_{E,d} = \frac{3}{2} \cdot \frac{V_{ED}}{k_{cr} b h} = \frac{3 \cdot 3,38}{2 \cdot 0,67 \cdot 160 \cdot 160} = 0,30 \text{ MPa}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}; 0,30 \leq 2,46$$

0,12 < 1; VYHOVUJE

Posouzení na tlak

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_{příslušné}}{A} = \frac{3\,660}{160 \cdot 160} = 0,14 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d} \Rightarrow 0,14 \text{ MPa} < 12,92 \text{ MPa}$$

0,02 < 1; VYHOVUJE

Posouzení na tah

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{příslušné}}{A} = \frac{8\,280}{160 \cdot 160} = 0,42 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{t,0,d} \leq f_{t,0,d} \Rightarrow 0,42 \text{ MPa} < 8,62 \text{ MPa}$$

0,05 < 1; VYHOVUJE

Kombinace ohybu a osového tlaku a kombinace ohybu a osového tahu vzhledem k malým hodnotám tlakových respektive tahových sil nebyly provedeny.

8.3 Ocelový prstenec

8.3.1 Prstenec velké haly

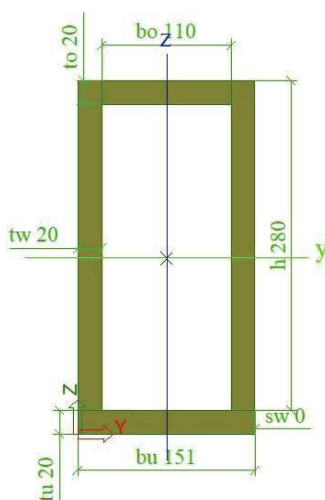
Výsledné vnitřní síly vznikající v trámech mezi nosníky jsou zobrazeny na obrázku. Zvýrazněny jsou síly, které jsou použity v posudcích.

	Dílec	css	dx [mm]	Stav	My [kN...]	N [kN]	Mz [kNm]	Mx [kNm]	Vy [kN]	Vz [kN]
1	B5273	CS5 - THQ	3303,490	MSU48/2	127,25	-73,64	98,81	-23,37	36,96	8,47
2	B5273	CS5 - THQ	12728,480	MSU52/8	93,75	-104,18	113,25	31,70	-1,20	8,43
3	B5273	CS5 - THQ	1853,491	MSU48/2	68,31	-35,56	7,42	-96,43	94,52	29,26
4	B5273	CS5 - THQ	1853,491	MSU45/5	49,02	-107,33	-13,90	-92,14	120,05	38,19
5	B5273	CS5 - THQ	14903,470	MSU52/8	16,51	-38,31	-29,42	77,13	-86,16	-16,50
6	B5273	CS5 - THQ	16353,471	MSU48/2	-9,61	51,29	-91,88	-7,15	2,09	4,54
7	B5273	CS5 - THQ	4753,480	MSU30/4	-36,81	-236,68	7,62	44,04	-86,67	-42,53
8	B5273	CS5 - THQ	7653,480	MSU45/5	-41,10	-40,13	-103,81	20,29	-60,98	-22,71
9	B5273	CS5 - THQ	6928,480	MSU30/4	-84,68	-145,99	-25,50	14,80	-111,07	-36,92
10	B5273	CS5 - THQ	16897,220	MSU25/1	-123,91	-437,18	17,05	-3,51	-11,12	3,79
11	B5273	CS5 - THQ	10553,481	MSU25/1	-155,00	-376,22	-17,00	20,25	70,55	15,07

Obr. 51: Vnitřní síly v prstenci velké haly

Průřezové charakteristiky

Hodnoty jsou převzaty z programu SciaEngineer. Navržené rozměry prstence jsou znázorněny na obrázku 52.



Obr. 52: Řez prstencem velké haly

$$b = 150 \text{ mm}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$A = 16\,420 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 1,7678 \cdot 10^{-4} \text{ m}^4$$

$$W_y = 1\,518\,800 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 5,565 \cdot 10^{-5} \text{m}^4$$

$$W_z = 9,0251 \cdot 10^{-4} \text{m}^3$$

$$A_{vz} = 11\,233 \text{ mm}^2$$

Tlak / Tah

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{16\,4220 \cdot 235}{1,00} = 3\,858,7 \text{ kN}$$

$$N_c \leq N_{c,Rd} ; 437,18 \text{ kN} < 3\,858,7 \text{ kN}$$

0,10 < 1 ; VYHOVUJE

Smyk

Maximální posouvající síla

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\gamma_{m0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{14\,870 \cdot 235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 2\,017 \text{ kN}$$

Smykové napětí od kroucení

$$A^* = (300 - 20) \cdot (150 - 20) = 36\,400 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{t,f} = \frac{M_x}{2 \cdot A^* \cdot t_f} = \frac{96,43}{2 \cdot 36\,400 \cdot 20} = 66,22 \text{ MPa}$$

$$\tau_{t,w} = \frac{M_x}{2 \cdot A^* \cdot t_f} = \frac{96,43}{2 \cdot 36\,400 \cdot 20} = 66,22 \text{ MPa}$$

$$V_t^* = \tau_{t,w} \cdot A_{vz} = 66,22 \cdot 14\,870 = 984,83 \text{ kN}$$

$$V_{ED}^* = V_{ED} + V_t^* = 120,5 + 984,83 = 1105,33 \text{ kN}$$

$$V_{ED}^* < V_{pl,Rd}$$

$$1105,33 \text{ kN} < 2\,017 \text{ kN}$$

0,55 < 1 ; VYHOVUJE

Posudek na ohyb dutého průřezu

$$M_{pl,y,Rd} = f_y \cdot W_y = 235 \cdot 1\,518\,800 = 357 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,z,Rd} = f_y \cdot W_z = 235 \cdot 902\,510 = 212 \text{ kNm}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{437,18}{3\,858} = 0,11$$

$$a_w = \frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A} = \frac{16\,420 - 2 \cdot 150 \cdot 20}{16\,420} = 0,63 \leq 0,5 \rightarrow 0,5$$

$$a_f = \frac{A - 2 \cdot h \cdot t_w}{A} = \frac{16\,420 - 2 \cdot 300 \cdot 20}{16\,420} = 0,27 \leq 0,5 \rightarrow 0,27$$

$$M_{Npl,y,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \frac{1 - n}{1 - 0,5 \cdot a_w} = 417,67 \cdot \frac{1 - 0,1}{1 - 0,5 \cdot 0,5} = 502,98 \text{ kNm}$$

$$M_{Npl,y,Rd} \leq M_{pl,Rd}$$

$$502,98 \leq 417,67 \rightarrow M_{Npl,y,Rd} \text{ je větší než } M_{pl,Rd} \text{ proto pro výpočet užiji } M_{pl,Rd} \\ = 417,67 \text{ kNm}$$

$$M_{Npl,z,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \frac{1 - n}{1 - 0,5 \cdot a_f} = 248,19 \cdot \frac{1 - 0,10}{1 - 0,5 \cdot 0,27} = 259,02 \text{ kNm}$$

$$M_{Npl,z,Rd} \leq M_{pl,Rd}$$

$$259,02 \leq 248,19 \rightarrow M_{Npl,z,Rd} \text{ je větší než } M_{pl,Rd} \text{ proto pro výpočet užiji } M_{pl,Rd} \\ = 248,19 \text{ kNm}$$

$$M_{ED,y} < M_{pl,y,Rd}$$

$$155 \text{ kN} < 357 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{0,43 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

$$M_{ED,z} < M_{pl,z,Rd}$$

$$113 \text{ kN} < 212 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{0,53 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posudek kombinace osově síly a dvouosého momentu

$$\frac{M_{EDz}}{M_{RDz}} + \frac{M_{EDy}}{M_{RDy}} + \frac{N_{ED}}{N_{RD}} \leq 1$$

$$\frac{98,81}{212} + \frac{127,25}{357} + \frac{73,64}{3\,859} \leq 1$$

$$0,45 + 0,30 + 0,02 \leq 1$$

$$\mathbf{0,78 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

8.3.2 Prstenec malé haly

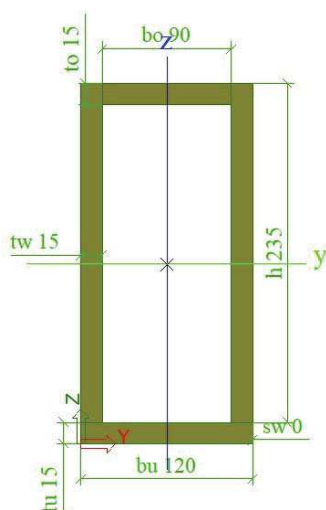
Výsledné vnitřní síly vznikající v trámech mezi nosníky jsou zobrazeny na obrázku. Zvýrazněny jsou síly, které jsou použity v posudcích.

	Dílec	css	dx [mm]	Stav	N [kN]	Vz [kN]	Vy [kN]	My [kNm]	Mz [kNm]	Mx [kNm]
1	B2	prstenec mala hala - THQ	2707,041	MSU30/1	-269,00	-5,49	39,28	17,18	-4,54	4,45
2	B2	prstenec mala hala - THQ	7244,850	MSU38/2	-73,01	-6,02	-26,07	13,57	2,15	4,96
3	B2	prstenec mala hala - THQ	4975,760	MSU34/3	-185,43	-19,41	-98,47	21,27	8,51	10,41
4	B2	prstenec mala hala - THQ	1345,421	MSU30/1	-203,06	25,13	111,62	7,22	-29,40	-14,87
5	B2	prstenec mala hala - THQ	5429,490	MSU34/3	-158,42	-23,43	-96,64	10,59	-12,66	13,06
6	B2	prstenec mala hala - THQ	891,681	MSU30/1	-171,40	26,83	111,06	-4,69	-55,82	-10,98
7	B2	prstenec mala hala - THQ	4068,241	MSU34/3	-230,39	21,45	85,57	8,69	-17,63	-22,04
8	B2	prstenec mala hala - THQ	891,680	MSU34/3	-117,76	-21,70	-83,31	5,62	-7,18	23,97
9	B2	prstenec mala hala - THQ	891,681	MSU38/2	-150,43	26,30	106,41	-6,11	-54,70	-10,44
10	B2	prstenec mala hala - THQ	4522,031	MSU34/3	-207,85	-16,81	-29,66	31,49	37,55	1,13

Obr. 53: Vnitřní síly v prstenci malé haly

Průřezové charakteristiky

Hodnoty jsou převzaty z programu Scia Engineer. Navržené rozměry prstence jsou znázorněny na obrázku 54.



Obr. 54: Řez prstencem malé haly

$$b = 120 \text{ mm}$$

$$h = 250 \text{ mm}$$

$$A = 10\,215 \text{ mm}^2$$

$$I_y = 7,6597 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_y = 787\,760 \text{ mm}^3$$

$$I_z = 2,2689 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W_z = 4,554 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

$$A_{vz} = 7\,047 \text{ mm}^2$$

Tlak / Tah

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{m0}} = \frac{10\,215 \cdot 235}{1,00} = 2\,400 \text{ kN}$$

$$N_c \leq N_{c,Rd} ; 269 \text{ kN} < 2\,400 \text{ kN}$$

$$0,11 < 1 ; \text{VYHOVUJE}$$

Smyk

Maximální posouvající síla

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{vz} \cdot f_y}{\gamma_{m0} \cdot \sqrt{3}} = \frac{7\,047 \cdot 235}{1,0 \cdot \sqrt{3}} = 956 \text{ kN}$$

Smykové napětí od kroucení

$$A^* = (250 - 15) \cdot (120 - 15) = 24\,675 \text{ mm}^2$$

$$\tau_{t,f} = \frac{M_x}{2 \cdot A^* \cdot t_f} = \frac{23,97}{2 \cdot 24\,675 \cdot 15} = 32,38 \text{ MPa}$$

$$\tau_{t,w} = \frac{M_x}{2 \cdot A^* \cdot t_f} = \frac{93,97}{2 \cdot 36\,400 \cdot 20} = 32,38 \text{ MPa}$$

$$V_t^* = \tau_{t,w} \cdot A_{vz} = 32,38 \cdot 7\,048 = 228,21 \text{ kN}$$

$$V_{ED}^* = V_{ED} + V_t^* = 111,62 + 228,21 = 339,83 \text{ kN}$$

$$V_{ED}^* < V_{pl,Rd}$$

$$339,83 \text{ kN} < 956 \text{ kN}$$

$$0,36 < 1 ; \text{VYHOVUJE}$$

Posudek na ohyb dutého průřezu

$$M_{pl,y,Rd} = f_y \cdot W_y = 235 \cdot 787\,760 = 185 \text{ kNm}$$

$$M_{pl,z,Rd} = f_y \cdot W_z = 235 \cdot 455\,400 = 107 \text{ kNm}$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{269}{2\,400} = 0,11$$

$$a_w = \frac{A - 2 \cdot b \cdot t_f}{A} = \frac{10\,215 - 2 \cdot 120 \cdot 15}{10\,215} = 0,65 \leq 0,5 \rightarrow 0,5$$

$$a_f = \frac{A - 2 \cdot h \cdot t_w}{A} = \frac{10\,215 - 2 \cdot 250 \cdot 15}{10\,215} = 0,27 \leq 0,5 \rightarrow 0,27$$

$$M_{Npl,y,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a_w} = 417,67 \cdot \frac{1-0,11}{1-0,5 \cdot 0,5} = 219,17 \text{ kNm}$$

$$M_{Npl,y,Rd} \leq M_{pl,Rd}$$

$$185,12 \leq 219,17 \rightarrow M_{Npl,y,Rd} \text{ je větší než } M_{pl,Rd} \text{ proto pro výpočet užiji } M_{pl,Rd} \\ = 185,12 \text{ kNm}$$

$$M_{Npl,z,Rd} = M_{pl,Rd} \cdot \frac{1-n}{1-0,5 \cdot a_f} = 248,19 \cdot \frac{1-0,11}{1-0,5 \cdot 0,27} = 109,59 \text{ kNm}$$

$$M_{Npl,z,Rd} \leq M_{pl,Rd}$$

$$107,02 \leq 109,59 \rightarrow M_{Npl,z,Rd} \text{ je větší než } M_{pl,Rd} \text{ proto pro výpočet užiji } M_{pl,Rd} \\ = 107,02 \text{ kNm}$$

$$M_{ED,y} < M_{pl,y,Rd}$$

$$31,49 \text{ kN} < 185,12 \text{ kNm}$$

0,17 < 1 ; VYHOVUJE

$$M_{ED,z} < M_{pl,z,Rd}$$

$$55,82 \text{ kN} < 107,02 \text{ kNm}$$

0,52 < 1 ; VYHOVUJE

Posudek kombinace osově síly a dvouosého momentu

$$\frac{M_{EDz}}{M_{RDz}} + \frac{M_{EDy}}{M_{RDy}} + \frac{N_{ED}}{N_{RD}} \leq 1$$

$$\frac{37,55}{107} + \frac{31,49}{185} + \frac{207,85}{2\,400} \leq 1$$

$$0,34 + 0,14 + 0,09 \leq 1$$

0,57 < 1 ; VYHOVUJE

Posudek na šikmý ohyb

$$n = \frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} = \frac{269}{2\,400} = 0,11$$

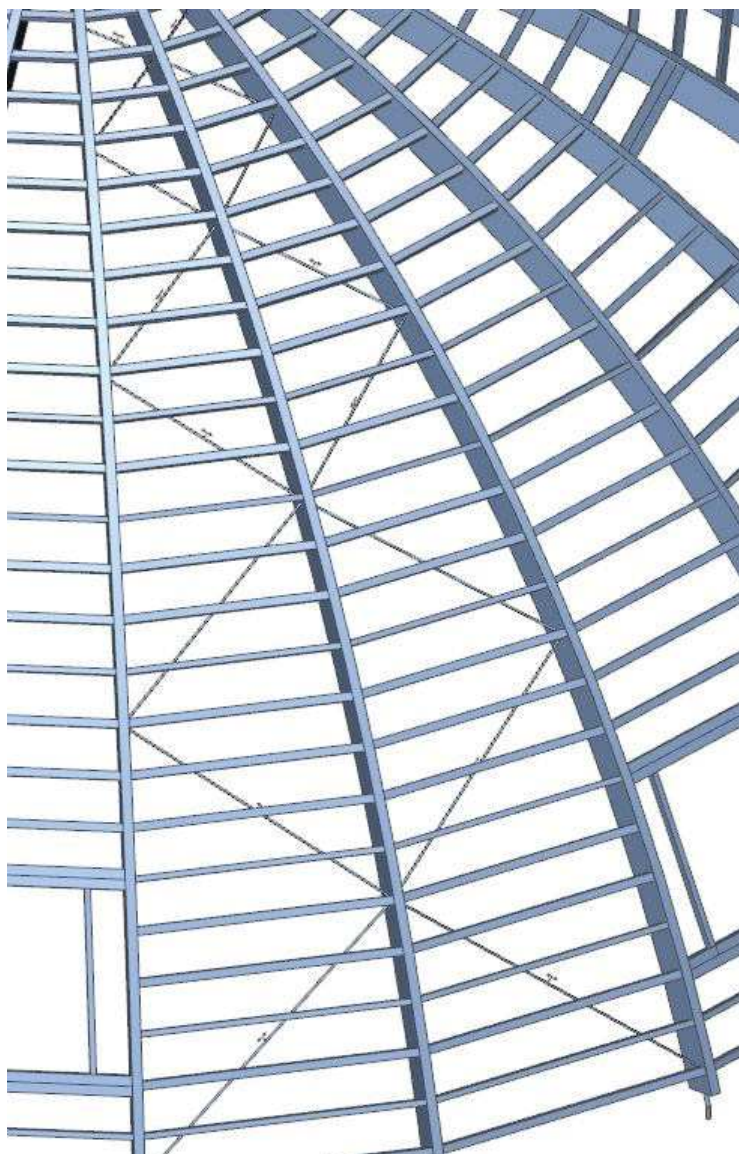
$$\alpha = \beta = \frac{1,66}{1-1,13 \cdot n^2} = \frac{1,66}{1-1,13 \cdot 0,11^2} = 1,68$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}} \right]^{\alpha} + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}} \right]^{\beta} = \left[\frac{31,49}{185} \right]^{1,68} + \left[\frac{37,55}{107} \right]^{1,68} \leq 1$$

0,17 < 1; VYHOVUJE

8.4 Ztužení konstrukce střechy

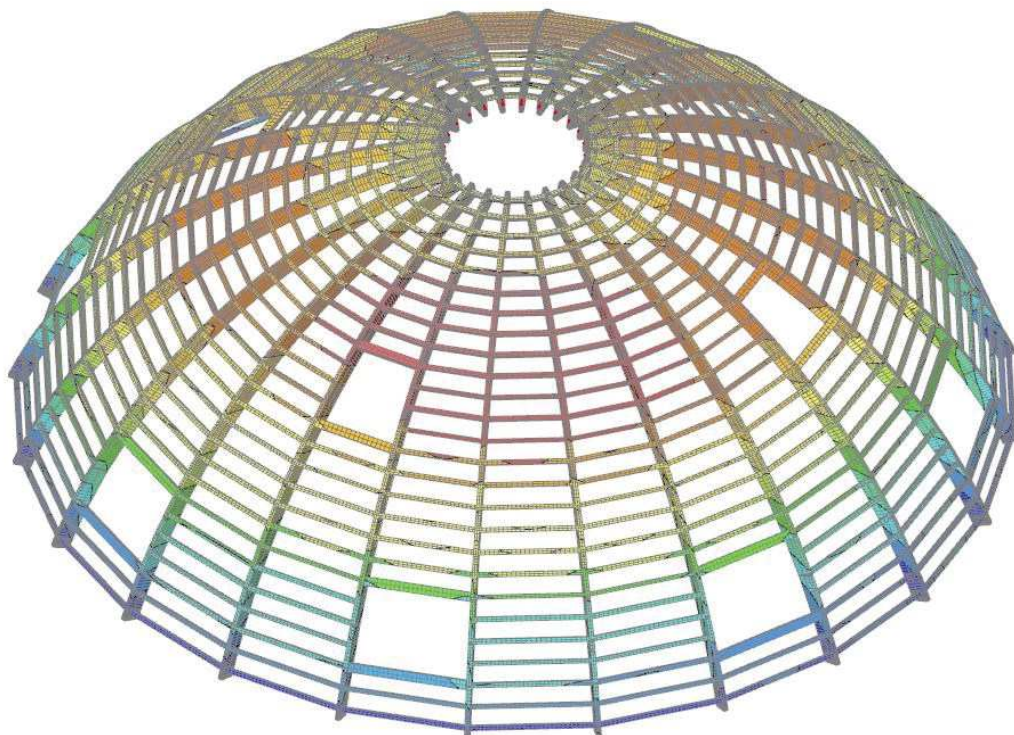
Celá konstrukce střechy je pobita bedněním z OSB desek spojované na péro a drážku tl. 25 mm, čímž je zajištěno prostorové ztužení střešní konstrukce. OSB desky jsou do nosníků kotveny přes laťování pomocí vrutů. Ztužení konstrukce je také pomocí mezi nosníkových trámů které jsou kotveny v horní části nosníků. Celá konstrukce je také vyztužena ocelovými táhly v 8 polích konstrukce. U malé haly pouze ve 4 polích.



Obr. 55: Ztužení konstrukce pomocí ocelových táhel

9 Statický výpočet konstrukcí dle 2. mezního stavu

Hodnoty okamžitého průhybu byly přebrány z výsledků programu Scia Engineer. Vždy byl vybrán prvek s největším průhybem a ten byl poté posouzen na limitní hodnoty okamžitého a konečného průhybu.

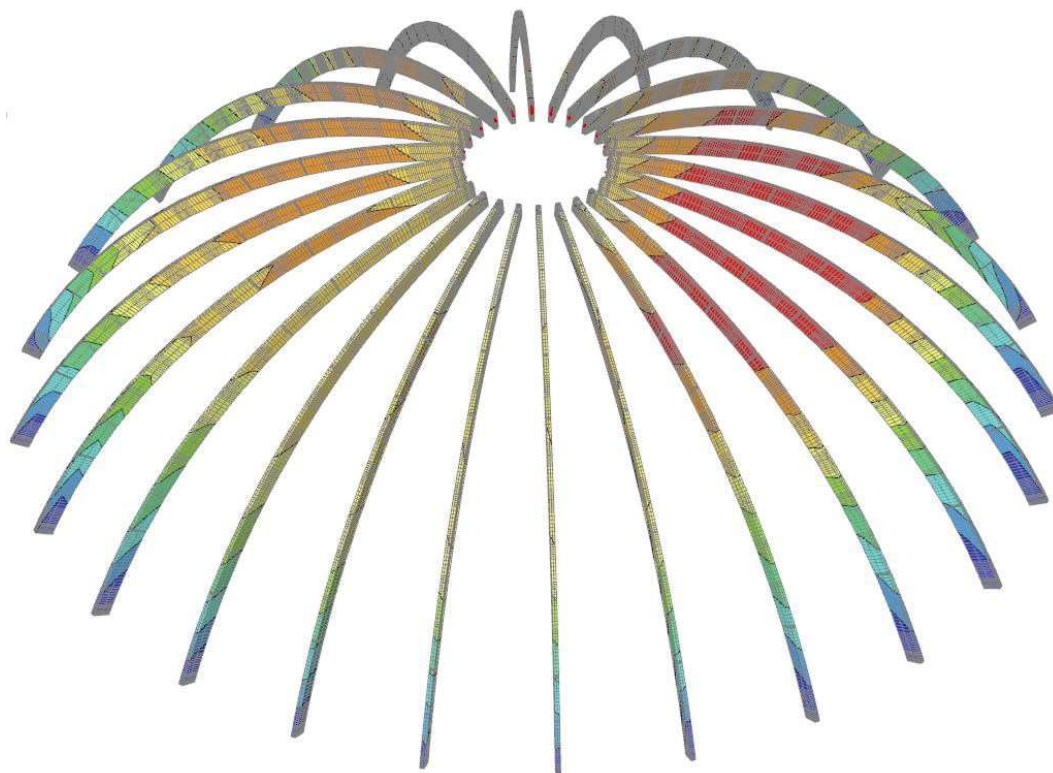


Obr. 56: Výstup průhybů na 3D modelu ve Scii Engineer

9.1 Nosníky

9.1.1 Nosníky velké haly

Maximální okamžitý průhyb nosníků velké haly je 51,0 mm. Délka posuzovaného úseku byla brána z délky nosníku a ta je 28 500 mm. Limitní hodnota byla určena v rozmezí $L/450$ až $L/500$ pro okamžitý průhyb a hodnoty $L/350$ až $L/300$ pro konečný průhyb. Třída provozu 1.



Obr. 57: Výstup průhybů nosníků velké haly

Posouzení na okamžitý průhyb:

$$w_{inst} = 51 \text{ mm}$$

$$L = 28\,500 \text{ mm}$$

$$w_{limitní} = \frac{L}{500} = \frac{28\,500}{450} \sim \frac{28\,500}{500} = 63,33 \text{ mm} \sim 57 \text{ mm}$$

51 mm < 63,33 mm ; VYHOVUJE

Posouzení konečného průhybu:

$$w_{inst,G} = 12,5 \text{ mm}$$

$$w_{inst,snow} = 38,5 \text{ mm}$$

$$k_{def} = 0,6 \text{ (lepené lamelové dřevo)}$$

$$w_{limitní} = \frac{L}{300} \sim \frac{L}{350} = \frac{28\,500}{300} \sim \frac{28\,500}{350} = 95 \text{ mm} \sim 81 \text{ mm}$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 12,5 \cdot (1 + 0,6) = 20 \text{ mm}$$

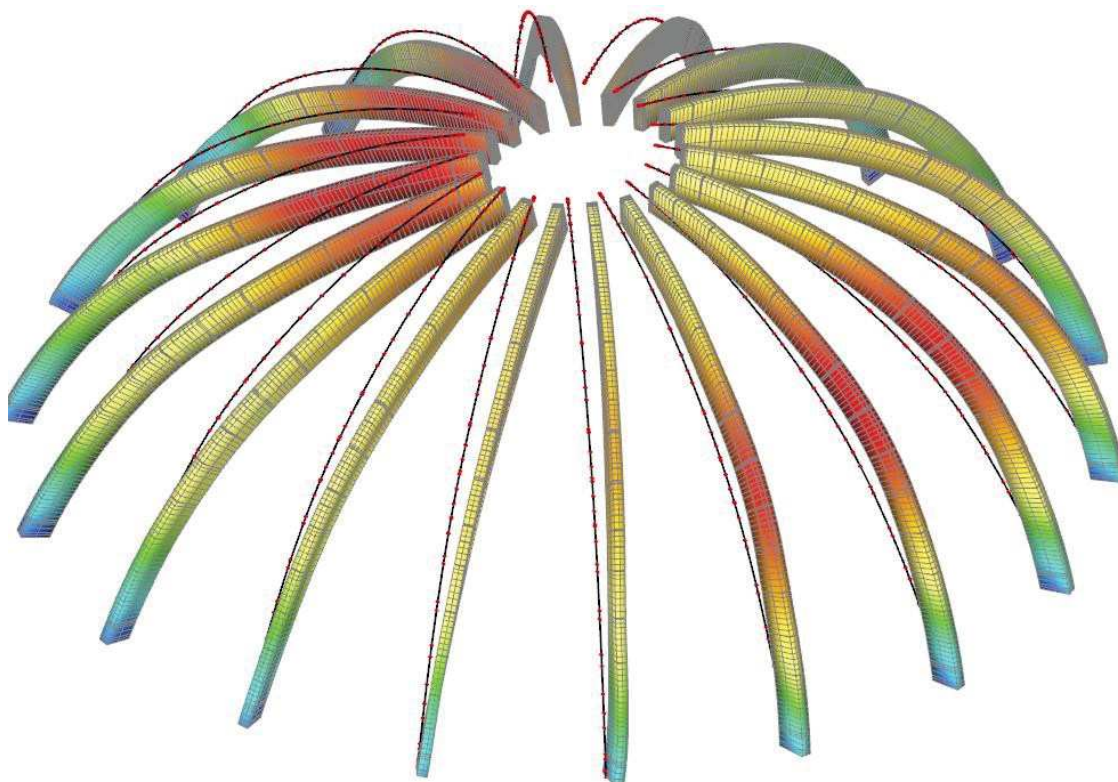
$$w_{fin,snow} = w_{inst,snow} \cdot (1 + \psi_{2,snow} \cdot k_{def}) = 38,5 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 38,5 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,snow} = 20 + 38,5 = 58,5 \text{ mm}$$

58,5 mm < 81 mm ; VYHOVUJE

9.1.2 Nosník malé haly

Maximální okamžitý průhyb nosníků malé haly je 17,8 mm. Délka posuzovaného úseku byla brána z délky nosníku a ta je 12075 mm. Limitní hodnota byla určena v rozmezí $L/450$ až $L/500$ pro okamžitý průhyb a hodnoty $L/350$ až $L/300$ pro konečný průhyb. Třída provozu 1.



Obr. 58: Výstup průhybů nosníků malé haly

Posouzení na okamžitý průhyb:

$$w_{inst} = 17,8 \text{ mm}$$

$$L = 12\,075 \text{ mm}$$

$$w_{limitní} = \frac{L}{500} = \frac{12\,075}{450} \sim \frac{12\,075}{500} = 26,83 \text{ mm} \sim 24,15 \text{ mm}$$

$$17,8 \text{ mm} < 24,15 \text{ mm} ; \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení konečného průhybu:

$$w_{inst,G} = 5,8 \text{ mm}$$

$$w_{inst,snow} = 12 \text{ mm}$$

$$k_{def} = 0,6 \text{ (lepené lamelové dřevo)}$$

$$w_{limitní} = \frac{L}{300} \sim \frac{L}{350} = \frac{12\,075}{300} \sim \frac{12\,075}{350} = 40,25 \text{ mm} \sim 34,5 \text{ mm}$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 5,8 \cdot (1 + 0,6) = 9,25 \text{ mm}$$

$$w_{fin,snow} = w_{inst,snow} \cdot (1 + \psi_{2,snow} \cdot k_{def}) = 12 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 12 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,snow} = 9,25 + 12 = 21,25 \text{ mm}$$

$$21,25 \text{ mm} < 34,5 \text{ mm} ; \text{ VYHOVUJE}$$

9.2 Mezi nosníkové trámy

9.2.1 Mezi nosníkové trámy velké haly

Maximální okamžitý průhyb mezi nosníkových trámů je 22,2 mm. Délka posuzovaného pole je 6 700 mm. Limitní hodnota je pro prosté nosníky v rozmezí $L/300$ až $L/500$ pro okamžitý průhyb a $L/150$ a $L/300$ pro konečný průhyb. Třída provozu 1.

Posouzení na okamžitý průhyb:

$$w_{inst} = 22,2 \text{ mm}$$

$$L = 6\,700 \text{ mm}$$

$$w_{limitní} = \frac{L}{300} \sim \frac{L}{500} = \frac{6\,700}{300} \sim \frac{6\,700}{500} = 22,33 \text{ mm}$$

$$22,2 \text{ mm} < 22,33 \text{ mm} ; \text{ VYHOVUJE}$$

Posouzení konečného průhybu:

$$w_{inst,G} = 6,9 \text{ mm}$$

$$w_{inst,snow} = 0,1 \text{ mm}$$

$$w_{inst,wind} = 15,2 \text{ mm}$$

$$k_{def} = 0,6 \text{ (rostlé dřevo)}$$

$$w_{limitní} = \frac{L}{150} \sim \frac{L}{300} = \frac{6\,700}{150} \sim \frac{6\,700}{300} = 44,67 \text{ mm} \sim 22,33 \text{ mm}$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 6,9 \cdot (1 + 0,6) = 11,04 \text{ mm}$$

$$w_{fin,wind} = w_{inst,wind} \cdot (1 + \psi_{2,wind} \cdot k_{def}) = 15,2 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 15,2 \text{ mm}$$

$$w_{fin,snow} = w_{inst,snow} \cdot (\psi_{0,snow} + \psi_{2,snow} \cdot k_{def}) = 0,1 \cdot (0,5 + 0,2 \cdot 0,6) = 0,082 \text{ mm}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,snow} + w_{fin,wind} = 11,04 + 15,2 + 0,08 = 26,32 \text{ mm}$$

$$26,32 \text{ mm} < 44,67 \text{ mm} ; \textbf{VYHOVUJE}$$

9.2.2 Mezi nosníkové trámy malé haly

Maximální okamžitý průhyb mezi nosníkových trámů je 7,5 mm. Délka posuzovaného pole je 3 000 mm. Limitní hodnota je pro prosté nosníky v rozmezí $L/300$ až $L/500$ pro okamžitý průhyb a $L/150$ a $L/300$ pro konečný průhyb. Třída provozu 1.

Posouzení na okamžitý průhyb:

$$w_{inst} = 7,5 \text{ mm}$$

$$L = 3\,000 \text{ mm}$$

$$w_{limitní} = \frac{L}{300} \sim \frac{L}{500} = \frac{3\,000}{300} \sim \frac{3\,000}{500} = 10 \text{ mm} \sim 6 \text{ mm}$$

$$7,5 \text{ mm} < 10 \text{ mm} ; \textbf{VYHOVUJE}$$

Posouzení konečného průhybu:

$$w_{inst,G} = 1,2 \text{ mm}$$

$$w_{inst,snow} = 6,0 \text{ mm}$$

$$w_{inst,wind} = 0,3 \text{ mm}$$

$$k_{def} = 0,6 \text{ (rostlé dřevo)}$$

$$w_{limitní} = \frac{L}{150} \sim \frac{L}{300} = \frac{3\,000}{150} \sim \frac{3\,000}{300} = 20\,mm \sim 10mm$$

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) = 1,2 \cdot (1 + 0,6) = 1,92\,mm$$

$$w_{fin,snow} = w_{inst,snow} \cdot (1 + \psi_{2,snow} \cdot k_{def}) = 6,0 \cdot (1 + 0 \cdot 0,6) = 6\,mm$$

$$w_{fin,wind} = w_{inst,wind} \cdot (\psi_{0,wind} + \psi_{2,wind} \cdot k_{def}) = 0,3 \cdot (0,6 + 0 \cdot 0,6) = 0,18mm$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,snow} + w_{fin,wind} = 1,92 + 6 + 0,18 = 8,1\,mm$$

8,1 mm < 10 mm ; VYHOVUJE

10 Návrh a posouzení vybraných spojů nosných prvků střechy

Posudky spojů byly provedeny dle ČSN EN 1995-1-1 [12], ČSN EN 1993-1-8 [16].

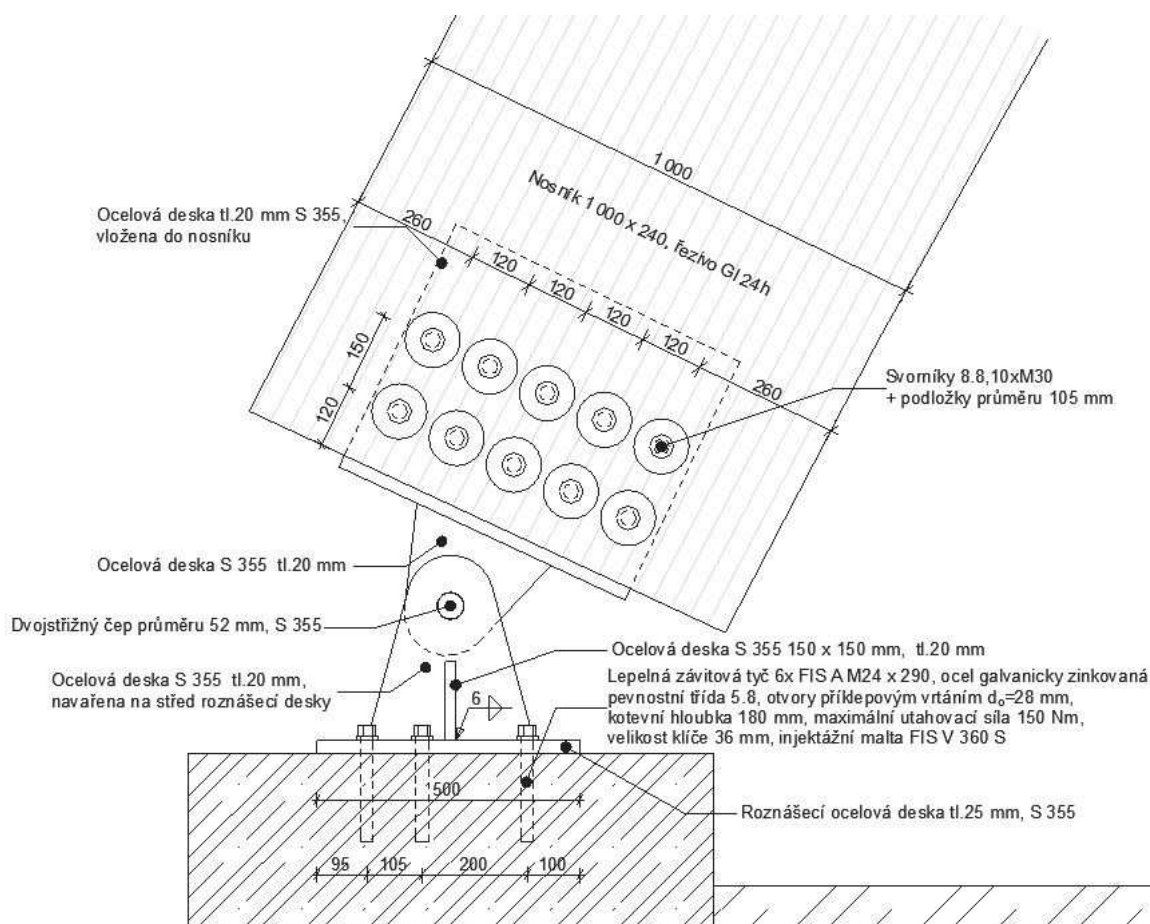
10.1 Posouzení kotevních šroubů

Kotevní šrouby byly posouzeny programem FISCHER FIXPERIENCE. Síly do programu byly zadány z programu Scia Engineer. Posudky jsou přiloženy v příloze č.1.

10.2 Posouzení čepových spojení

10.2.1 Posouzení čepového spoje v dolní části velké haly

Detail řešení spodního čepového spoje viz. obrázek 59.



Obr. 59: Detail čepového spoje v dolní části velké halvy

Ve spodním spoji vznikají v čepovém spoji maximální síly $N_{ed} = -356,96 \text{ kN}$, $V_{ed} = -163,16 \text{ kN}$. Výslednice sil do čepu je 392 kN na tuto sílu byl čep posouzen. Čep byl navržen z oceli S 355 plech tloušťka připojovaných prvků je 20 mm .

Průřezové charakteristiky

$$d = 52 \text{ mm}$$

$$W_{et} = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot d^3 = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot 52^3 = 13\,804 \text{ mm}^4$$

Posudek na střih čepového ložiska

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{m2}} = 0,6 \cdot \pi \cdot 26^2 \cdot \frac{490}{1,25} = 499 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} < F_{v,Rd}$$

$$392 \text{ kN} < 499 \text{ kN}$$

$$\mathbf{0,78 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posudek na otláčení připojované desky

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot 20 \cdot 52 \cdot \frac{355}{1,0} = 554 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} < F_{b,Rd}$$

$$392 \text{ kN} < 554 \text{ kN}$$

$$\mathbf{0,71 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posudek únosnosti čepu v ohybu

$$M_{ED} = (b + 4c + 2a) \cdot \frac{F_{ED}}{8} = (20 + 4 \cdot 2 + 2 \cdot 20) \cdot \frac{392}{8} = 3,33 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} = 1,5 \cdot W_{et} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot 13\,804 \cdot \frac{355}{1,0} = 7,35 \text{ kNm}$$

$$M_{ED} < M_{RD}$$

$$3,33 \text{ kNm} < 7,35 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{0,45 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posudek na kombinaci ohybu a stříhu

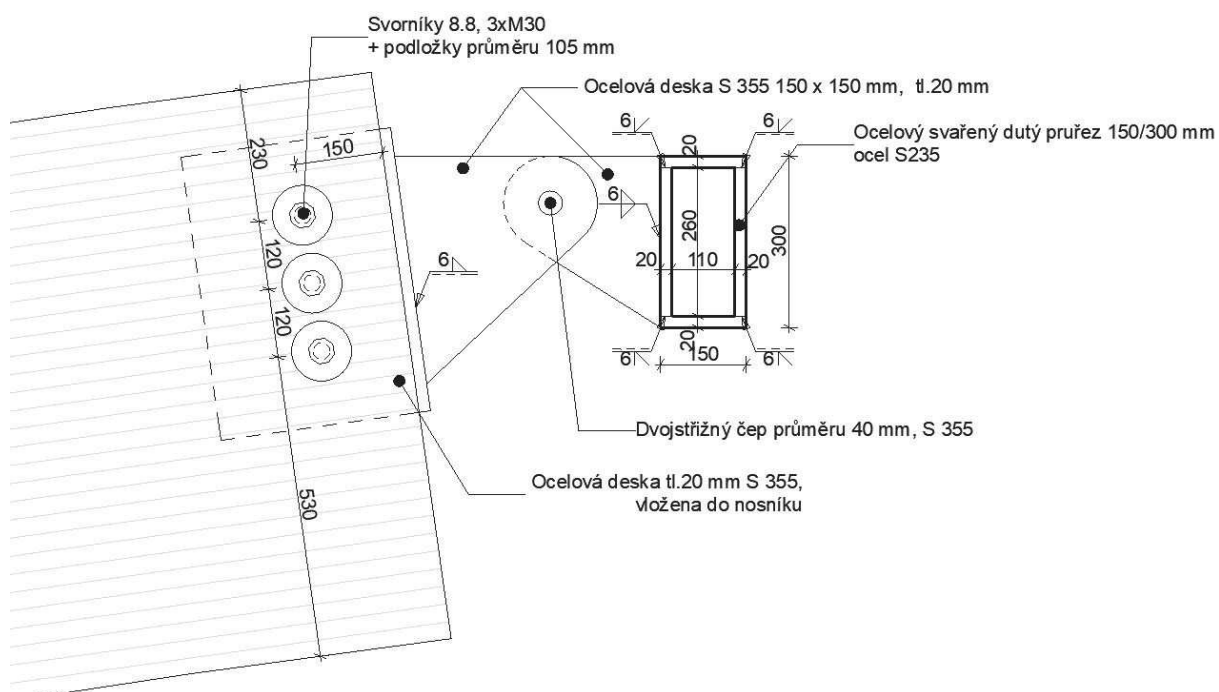
$$\left(\frac{M_{ED}}{M_{RD}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{3,33}{7,35}\right)^2 + \left(\frac{392}{499}\right)^2 \leq 1$$

0,82 < 1 ; VYHOVUJE

10.2.2 Posouzení čepového spoje v horní části velké haly

V horním čepovém spoji vznikají maximální síly $N_{ed} = -161,2$ kN, $V_{ed} = -94,12$ kN. Výslednice sil do čepu je 187 kN na tuto sílu byl čep posouzen. Čep byl navržen z oceli S 355 plech tloušťka připojovaných prvků je 20 mm. Detail spoje je znázorněn na obrázku 60.



Obr. 60: Detail čepového spoje v horní části velké haly

Průřezové charakteristiky

$$d = 40 \text{ mm}$$

$$W_{et} = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot d^3 = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot 40^3 = 6\,283 \text{ mm}^3$$

Posudek na střih čepového ložiska

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{m0}} = 0,6 \cdot \pi \cdot 20^2 \cdot \frac{510}{1,25} = 307,62 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} < F_{v,Rd}$$

$$187 \text{ kN} < 307,62 \text{ kN}$$

$$\mathbf{0,61 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posudek na otlačení připojované desky

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot 20 \cdot 40 \cdot \frac{355}{1,0} = 372 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} < F_{b,Rd}$$

$$187 \text{ kN} < 372 \text{ kN}$$

$$\mathbf{0,50 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posudek únosnosti čepu v ohybu

$$M_{ED} = (b + 4c + 2a) \cdot \frac{F_{ED}}{8} = (20 + 4 \cdot 5 + 2 \cdot 20) \cdot \frac{187}{8} = 1,87 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} = 1,5 \cdot W_{et} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot 6\,283 \cdot \frac{355}{1,0} = 2,92 \text{ kNm}$$

$$M_{ED} < M_{RD}$$

$$1,87 \text{ kNm} < 2,92 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{0,64 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posudek na kombinaci ohybu a střihu

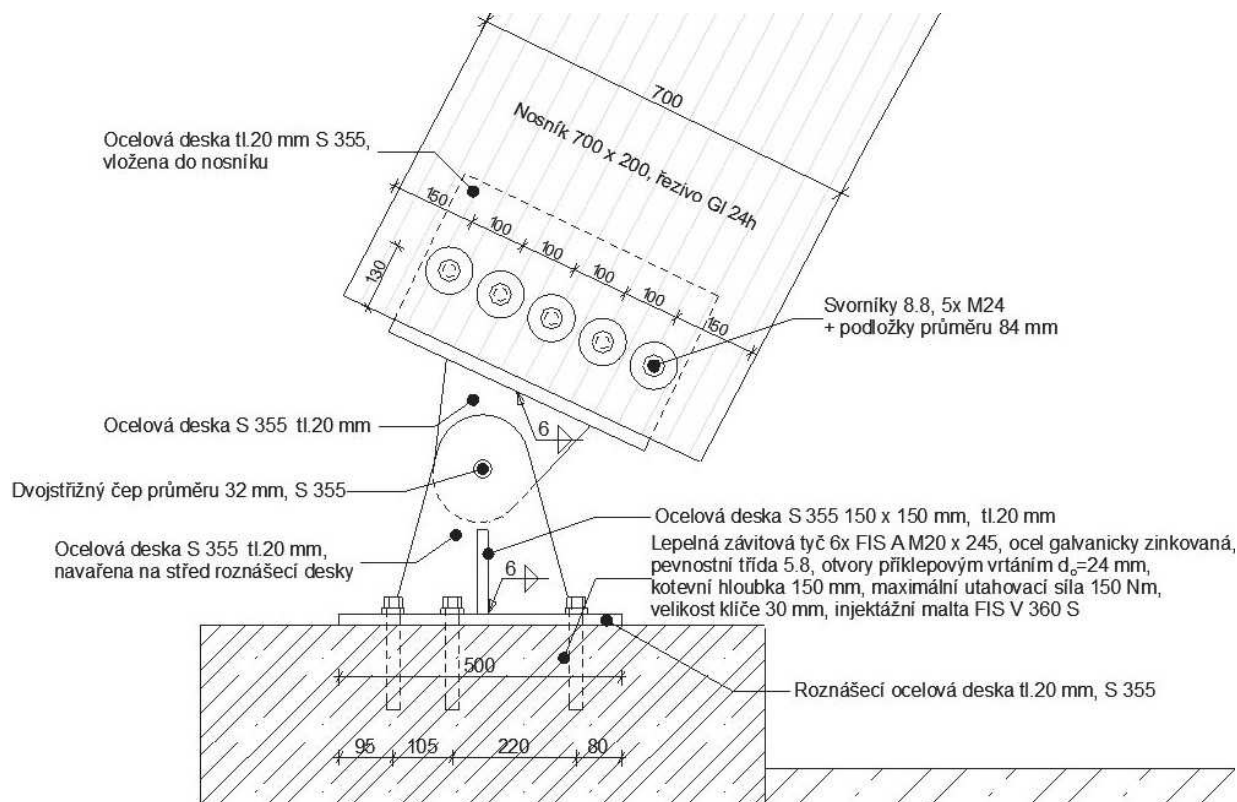
$$\left(\frac{M_{ED}}{M_{RD}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{1,87}{2,92}\right)^2 + \left(\frac{187}{307}\right)^2 \leq 1$$

$$\mathbf{0,78 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

10.2.3 Posouzení čepového spoje v dolní části malé haly

Ve spodním čepovém spoji vznikají maximální síly $N_{ed} = -111,4 \text{ kN}$, $V_{ed} = -44,11 \text{ kN}$. Výslednice sil do čepu je 120 kN na tuto sílu byl čep posouzen. Čep byl navržen z oceli S 355 tloušťka připojovaných plechu je 15 mm . Detail spoje je na obrázku 61.



Obr. 61: Detail čepového spoje v horní části velké haly

Průřezové charakteristiky

$$d = 32 \text{ mm}$$

$$W_{et} = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot d^3 = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot 32^3 = 3216 \text{ mm}^3$$

Posudek na střih čepového ložiska

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{m0}} = 0,6 \cdot \pi \cdot 16^2 \cdot \frac{510}{1,25} = 197 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} < F_{v,Rd}$$

$$120 \text{ kN} < 197 \text{ kN}$$

0,61 < 1; VYHOVUJE

Posudek na otláčení připojované desky

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot 20 \cdot 32 \cdot \frac{355}{1,0} = 341 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} < F_{b,Rd}$$

$$120 \text{ kN} < 341 \text{ kN}$$

$$\mathbf{0,35 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posudek únosnosti čepu v ohybu

$$M_{ED} = (b + 4c + 2a) \cdot \frac{F_{ED}}{8} = (20 + 4 \cdot 5 + 2 \cdot 20) \cdot \frac{120}{8} = 1,2 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} = 1,5 \cdot W_{et} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot 3 \, 216 \cdot \frac{355}{1,0} = 1,71 \text{ kNm}$$

$$M_{ED} < M_{RD}$$

$$1,20 \text{ kNm} < 1,71 \text{ kNm}$$

$$\mathbf{0,70 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

Posudek na kombinaci ohybu a stříhu

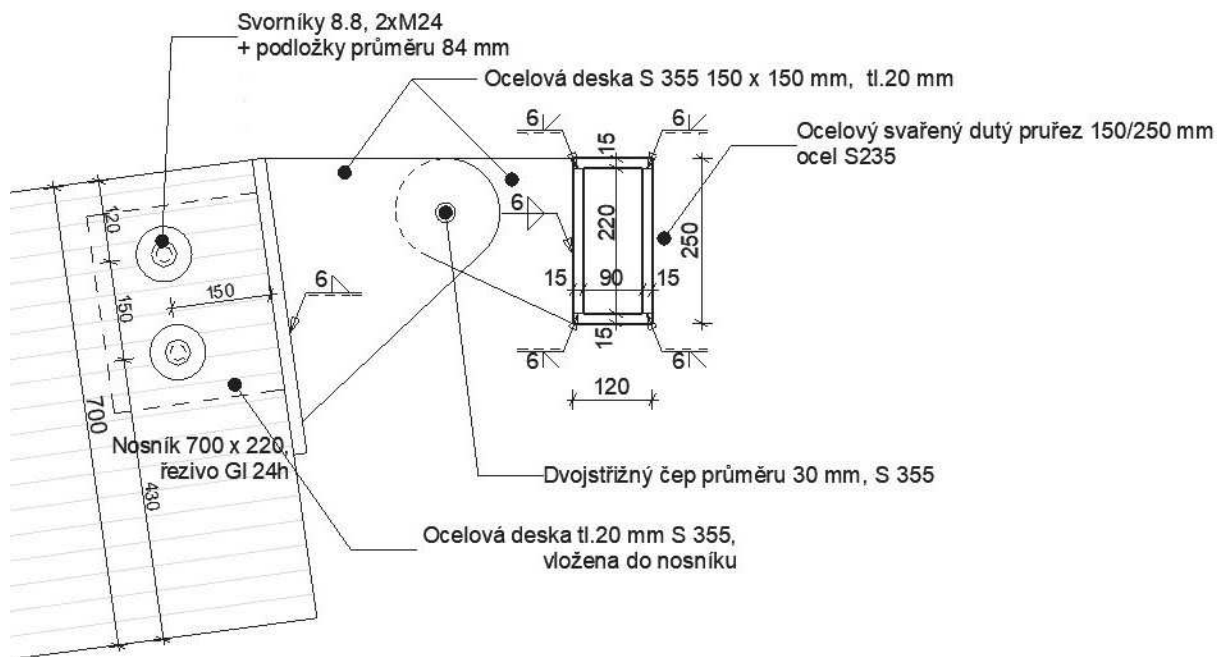
$$\left(\frac{M_{ED}}{M_{RD}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{1,20}{1,71}\right)^2 + \left(\frac{120}{197}\right)^2 \leq 1$$

$$\mathbf{0,86 < 1; \text{ VYHOVUJE}}$$

10.2.4 Posouzení čepového spoje v horní části malé haly

V horním čepovém spoji vznikají maximální síly $N_{ed} = -97,54 \text{ kN}$, $V_{ed} = -26,11 \text{ kN}$. Výslednice sil do čepu je 101 kN na tuto sílu byl čep posouzen. Čep byl navržen z oceli S 355 plech tloušťka připojovaných prvků je 20 mm . Detail spoje je na obrázku 62.



Obr. 62: Detail čepového spoje v horní části velké haly

Průřezové charakteristiky

$$d = 30 \text{ mm}$$

$$W_{et} = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot d^3 = \frac{1}{32} \cdot \pi \cdot 30^3 = 2650 \text{ mm}^3$$

Posudek na stříh čepového ložiska

$$F_{v,Rd} = 0,6 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{m0}} = 0,6 \cdot \pi \cdot 15^2 \cdot \frac{510}{1,25} = 173 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} < F_{v,Rd}$$

$$101 \text{ kN} < 173 \text{ kN}$$

0,58 < 1; VYHOVUJE

Posudek na otláčení připojované desky

$$F_{b,Rd} = 1,5 \cdot t \cdot d \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot 20 \cdot 30 \cdot \frac{355}{1,0} = 320 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} < F_{b,Rd}$$

$$101 \text{ kN} < 320 \text{ kN}$$

0,32 < 1 ; VYHOVUJE

Posudek únosnosti čepu v ohybu

$$M_{ED} = (b + 4c + 2a) \cdot \frac{F_{ED}}{8} = (20 + 4 \cdot 5 + 2 \cdot 20) \cdot \frac{101}{8} = 1,01 \text{ kNm}$$

$$M_{RD} = 1,5 \cdot W_{et} \cdot \frac{f_y}{\gamma_{m0}} = 1,5 \cdot 2 \cdot 650 \cdot \frac{355}{1,0} = 1,41 \text{ kNm}$$

$$M_{ED} < M_{RD}$$

$$1,01 \text{ kNm} < 1,41 \text{ kNm}$$

0,72 < 1 ; VYHOVUJE

Posudek na kombinaci ohybu a stříhu

$$\left(\frac{M_{ED}}{M_{RD}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}}\right)^2 \leq 1$$

$$\left(\frac{1,01}{1,41}\right)^2 + \left(\frac{101}{173}\right)^2 \leq 1$$

0,85 < 1 ; VYHOVUJE

10.3 Posouzení svorníkového spoje

10.3.1 Posouzení svorníků velké haly dolní-spoj

Maximální síla vznikající v místě svorníkového spoje je 353,70 kN. Úhel zatížení vzhledem k vláknům dřeva je 0° . S únosností na vytažení spojovacího prostředku není uvažováno.

Pevnost v otláčení dřeva

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 380 = 21,81 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 30 = 1,80$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{21,81}{1,80 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 21,81 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 30^{2,6} = 1\,662\,365,45 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Návrhová únosnost:

$$\begin{aligned} F_{v,Rk} &= \min \left\{ \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}} \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] \right\} = \\ &= \min \left\{ \frac{21,81 \cdot 110 \cdot 30}{2,3 \cdot \sqrt{1\,662\,365,45 \cdot 21,81 \cdot 30}} \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 1\,662\,365,45}{21,81 \cdot 110^2 \cdot 30}} - 1 \right] \right\} \\ &= \min \begin{Bmatrix} 71,98 \text{ kN} \\ 49,32 \text{ kN} \\ 75,86 \text{ kN} \end{Bmatrix} = 49,32 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maximální síla ve spoji:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_m} = \frac{0,8 \cdot 49,32}{1,3} = 30,35 \text{ kN} ; \text{dvojstřížný spoj} = 30,35 \cdot 2 = 60,70 \text{ kN}$$

Účinný počet svorníků

$$n_{ef} = \min \left\{ n^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{13d}} \right\} = \left\{ 2^{0,9} \cdot \sqrt[4]{\frac{150}{13 \cdot 30}} \right\} = \left\{ 1,47 \right\} = 1,47$$

$$F_{v,Rd} = \text{návrh dvou řad po 5 svornících M30 8.8} \rightarrow n_{ef} \cdot 2 \cdot F_{v,Rd} = 1,47 \cdot 5 \cdot 60,70 \\ = 446,15 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{v,RD} \geq R ; 446,15 \geq 353,7 \text{ kN}$$

1 > 0,79 ; dvě řady po 5x SVORNÍK M30 8.8 VYHOVUJE

Minimální rozteče

$$a_1 = (4 + |\cos \alpha|)d = (4 + \cos_0) \cdot 30 = 150 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 30 = 120 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = 4d = 4 \cdot 30 = 120 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \text{Max}(7d; 80) = (7 \cdot 30; 80) = 210 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = (2 + 2 \sin \alpha)d = (2 + 2 \cdot \sin_0) \cdot 30 = 60 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 30 = 90 \text{ mm}$$

10.3.2 Posouzení svorníku velké haly horní-spoj

Maximální síla vznikající v místě svorníkového spoje je 141,94 kN. Úhel zatížení vzhledem k vláknům dřeva je 0°. S únosností na vytažení spojovacího prostředku není uvažováno.

Pevnost v otlacení dřeva

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 30) \cdot 380 = 21,81 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 30 = 1,80$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{21,81}{1,80 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 20,09 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 30^{2,6} = 1\,662\,365,45 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Návrhová únosnost:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \end{array} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 21,81 \cdot 110 \cdot 30 \\ 21,81 \cdot 110 \cdot 30 \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 1\,662\,365,45}{21,81 \cdot 110^2 \cdot 30}} - 1 \right] \\ 2,3 \cdot \sqrt{1\,662\,365,45 \cdot 21,81 \cdot 30} \end{array} \right\}$$

$$= \min \left\{ \begin{array}{l} 71,98 \text{ kN} \\ 49,32 \text{ kN} \\ 75,86 \text{ kN} \end{array} \right\} = 49,32 \text{ kN}$$

Maximální síla ve spoji:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_m} = \frac{0,8 \cdot 49,32}{1,3} = 30,35 \text{ kN} ; \text{dvojstřížný spoj} = 30,35 \cdot 2 = 60,70 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 60,70 \text{ kN} \rightarrow \text{návrh 3 svorníků M30 8.8} \rightarrow 182,1 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{v,Rd} \geq R ; 182,1 \text{ kN} \geq 141,94 \text{ kN}$$

1 > 0,78 ; 3x SVORNÍK M30 8.8 VYHOVUJE

Minimální rozteče

$$a_1 = (4 + |\cos \alpha|)d = (4 + \cos 0) \cdot 30 = 150 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 30 = 120 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = 4d = 4 \cdot 30 = 120 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \text{Max}(7d; 80) = (7 \cdot 30; 80) = 210 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = (2 + 2 \sin \alpha)d = (2 + 2 \cdot \sin 0) \cdot 30 = 60 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 30 = 90 \text{ mm}$$

10.3.3 Posouzení svorníku malé haly dolní-spoj

Maximální síla vznikající v místě svorníkového spoje je 196,65 kN. Úhel zatížení vzhledem k vláknům dřeva je 0° . S únosností vytažení spojovacího prostředku není uvažováno.

Pevnost v otlacení dřeva

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 380 = 23,68 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 24 = 1,71$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 23,68 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 24^{2,6} = 930\,594,48 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Návrhová únosnost:

$$\begin{aligned} F_{v,Rk} &= \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right]} \\ 2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d} \end{array} \right\} = \\ &= \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{23,68 \cdot 100 \cdot 24}{23,68 \cdot 100 \cdot 24 \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 930\,594,48}{23,68 \cdot 100^2 \cdot 24}} - 1 \right]} \\ 2,3 \cdot \sqrt{930\,594,48 \cdot 23,68 \cdot 24} \end{array} \right\} \\ &= \min \left\{ \begin{array}{l} 56,84 \text{ kN} \\ 35,77 \text{ kN} \\ 52,90 \text{ kN} \end{array} \right\} = 35,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

Maximální síla ve spoji:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_m} = \frac{0,8 \cdot 35,77}{1,3} = 22,01 \text{ kN} ; \text{dvojstřížný spoj} = 22,01 \cdot 2 = 44,02 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 44,02 \text{ kN} \rightarrow \text{návrh 5 svorníků M24 8.8} \rightarrow 220,1 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{v,RD} \geq R ; 220,1 \geq 196,65 \text{ kN}$$

1 > 0,89 ; 5x SVORNÍK M24 8.8 VYHOVUJE

Minimální rozteče

$$a_1 = (4 + |\cos \alpha|)d = (4 + \cos 0) \cdot 24 = 120 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 24 = 96 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = 4d = 4 \cdot 24 = 96 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \text{Max}(7d; 80) = (7 \cdot 24; 80) = 168 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = (2 + 2\sin \alpha)d = (2 + 2 \cdot \sin 0) \cdot 24 = 48 \text{ mm}$$

$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 24 = 72 \text{ mm}$$

10.3.4 Posouzení svorníku malé haly horní-spoj

Maximální síla vznikající v místě svorníkového spoje je 58,96 kN. Úhel zatížení vzhledem k vláknům dřeva je 0°. S únosností vytažení spojovacího prostředku není uvažováno.

Pevnost v otlačení dřeva

$$f_{h,0,k} = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho_k = 0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot 24) \cdot 380 = 23,68 \text{ MPa}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d = 1,35 + 0,015 \cdot 24 = 1,71$$

$$f_{h,1,k} = \frac{f_{h,0,k}}{k_{90} \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha} = \frac{23,68}{1,71 \cdot \sin^2 0 + \cos^2 0} = 23,68 \text{ MPa}$$

Plastický moment únosnosti svorníku:

$$M_{y,Rk} = 0,3 \cdot f_{u,k} \cdot d^{2,6} = 0,3 \cdot 800 \cdot 24^{2,6} = 930\,594,48 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

Návrhová únosnost:

$$F_{v,Rk} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d}{2,3 \cdot \sqrt{M_{y,Rk} \cdot f_{h,1,k} \cdot d}} \\ f_{h,1,k} \cdot t_1 \cdot d \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot M_{y,Rk}}{f_{h,1,k} \cdot t_1^2 \cdot d}} - 1 \right] \end{array} \right\} =$$

$$= \min \left\{ \frac{23,68 \cdot 100 \cdot 24}{2,3 \cdot \sqrt{930\,594,48 \cdot 23,68 \cdot 24}} \cdot \left[\sqrt{2 + \frac{4 \cdot 930\,594,48}{23,68 \cdot 100^2 \cdot 24}} - 1 \right] \right\}$$

$$= \min \begin{Bmatrix} 56,84 \text{ kN} \\ 35,77 \text{ kN} \\ 52,90 \text{ kN} \end{Bmatrix} = 35,77 \text{ kN}$$

Maximální síla ve spoji:

$$F_{v,Rd} = \frac{k_{mod} \cdot F_{v,Rk}}{\gamma_m} = \frac{0,8 \cdot 31,21}{1,3} = 22,01 \text{ kN} ; \text{dvojstřížný spoj} = 22,01 \cdot 2 = 44,02 \text{ kN}$$

$$F_{v,Rd} = 44,02 \text{ kN} \rightarrow \text{návrh 2 svorníků M24 8.8} \rightarrow 88,04 \text{ kN}$$

Posouzení:

$$F_{v,RD} \geq R ; 88,04 \geq 58,96 \text{ kN}$$

1 > 0,67 ; 2x SVORNÍK M24 8.8 VYHOVUJE

Minimální rozteče

$$a_1 = (4 + |\cos \alpha|)d = (4 + \cos_0) \cdot 24 = 120 \text{ mm}$$

$$a_2 = 4d = 4 \cdot 24 = 96 \text{ mm}$$

$$a_{3,c} = 4d = 4 \cdot 24 = 96 \text{ mm}$$

$$a_{3,t} = \text{Max}(7d; 80) = (7 \cdot 24; 80) = 168 \text{ mm}$$

$$a_{4,t} = (2 + 2\sin \alpha)d = (2 + 2 \cdot \sin_0) \cdot 24 = 48 \text{ mm}$$

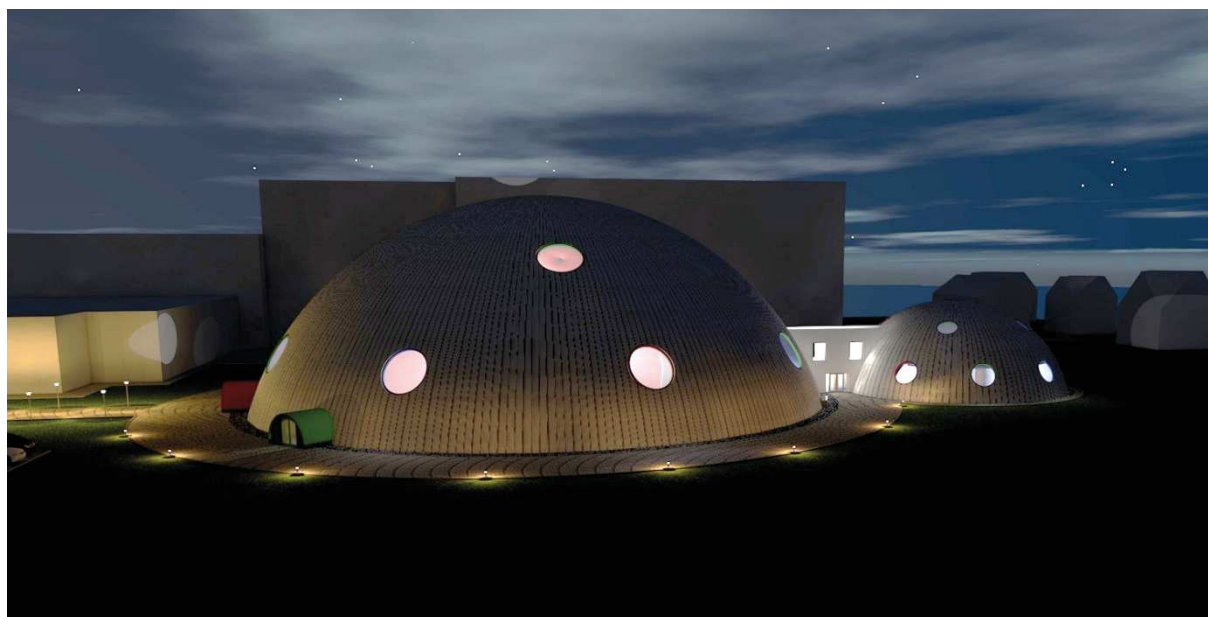
$$a_{4,c} = 3d = 3 \cdot 24 = 72 \text{ mm}$$

11 Závěr

Cílem této práce bylo navrhnout dispozici a především konstrukci zastřešení sportovní haly. Hlavní myšlenkou bylo dosáhnout co nejvěrnější podoby sportovní haly s florbalovým míčkem. V rámci práce byla vytvořena také celková architektonická koncepce hal včetně jejich zakomponování do koncepce Národních olympijských center Českého olympijského výboru. Práce se zabývala také řešením spojů mezi lepenými lamelovými nosníky a ocelí.

Výstupem celé práce je návrh sportovní haly jako celku. Vyhотовené je dispoziční řešení a statický návrh celé nosné konstrukce, kterou tvoří obloukové nosníky z lepeného lamelového dřeva, příčné trámy mezi obloukovými nosníky a ocelový prstenec. Navrženy byly také vybrané spoje mezi dřevěnými a ocelovými prvky.

Práce také popisuje konstrukční systémy užívané u sportovních hal u nás a v zahraničí.



Obr. 63: Vizualizace hal v noci

Poděkování

Poděkování patří mému vedoucímu diplomové práce Ing. Kristýně Vavrušové, Ph.D. za konzultace, užitečné rady a odborné vedení při tvorbě této diplomové práce. Také bych rád poděkoval Ing. Davidu Mikoláškoví Ph.D. za pomoc s modelem a jeho správného namodelování v programu Scia Engineer.

12 Seznam obrázků

- Obr. 1: Skica venkovního pohledu na haly*
- Obr. 2: Dřevěná vazníková konstrukce [1]*
- Obr. 3: Ocelová příhradová konstrukce [2]*
- Obr. 4: Dřevěná oblouková konstrukce [3]*
- Obr. 5: Ocelová konstrukce vysočanské arény při výstavbě [5]*
- Obr. 6: Pohled na konstrukci otvíravé střechy Perth Arena [6]*
- Obr. 7: Vnitřní řešení arény*
- Obr. 8: Přetlaková hala [4]*
- Obr. 9: Sportovní hala z lepeného lamelového dřeva [7]*
- Obr. 10: Venkovní vizualizace velké a malé haly*
- Obr. 11: Vizualizace vnitřní části*
- Obr. 12: Půdorys velké haly*
- Obr. 13: Půdorys velké haly 2.NP*
- Obr. 14: Náhled na dispoziční řešení malé haly*
- Obr. 15: Vizualizace vnitřní části malé haly*
- Obr. 16: Řešení půdorysu 2.NP malé haly*
- Obr. 17: Vizualizace konstrukčního systému včetně popisu jednotlivých prvků*
- Obr. 18: Řez skladbou střešního pláště*
- Obr. 19: Řez skladbou ploché střechy spojovacího tunelu*
- Obr. 20: Řešení spoje v dolní části velké haly boční pohled*
- Obr. 21: Řešení spoje v dolní části velké haly řez spojem*
- Obr. 22: Vizualizace řešení spoje v dolní části velké haly*
- Obr. 23: Vizualizace prstencového spoje*
- Obr. 24: Detail řešení spoje velké haly u prstence*
- Obr. 25: Detail skladby podlahy na zemině*
- Obr. 26: Detail skladby hrací plochy*
- Obr. 27: Detail skladby podlahy v patře*
- Obr. 28: Vizualizace objektu*
- Obr. 29: Znázornění navátého sněhu na kopuli dle normy*
- Obr. 30: Zatížení na jednotlivé trámy sněhem navátým*
- Obr. 31: Zatížení na jednotlivé trámy sněhem navátým*
- Obr. 32: Znázornění půdorysného působení větru na konstrukci*

Obr. 33: Působení větru na konstrukci v řezu vrcholem

Obr. 34: Tabulka hodnot tlaku C_{pe} , 10

Obr. 35: Znázornění tlaků působících na halu

Obr. 36: Tabulka hodnot tlaku C_{pe} , 10

Obr. 37: 3D konstrukce modelu v programu Scia Engineer

Obr. 38: Ukázka zatížení skladbou konstrukce

Obr. 39: Zobrazení zatížení sněhem po celé ploše do 60°

Obr. 40: Zatížení sněhem navátým

Obr. 41: Zatížení sněhem na půlce plochy

Obr. 42: Zatížení sněhem navátým na půlce plochy

Obr. 43: Zatížení větrem na velkou halu

Obr. 44: 3D model konstrukce v programu SciaEngineer

Obr. 45: Zvýraznění počítaného prvku v konstrukci

Obr. 46: Vnitřní síly v nosnících velké haly

Obr. 47: Vnitřní síly v nosnících malé haly

Obr. 48: Zvýraznění počítaného prvku v konstrukci

Obr. 49: Vnitřní síly v mezi nosníkových trámech velké haly

Obr. 50: Vnitřní síly v mezi nosníkových trámech malé haly

Obr. 51: Vnitřní síly v prstenci velké haly

Obr. 52: Řez prstencem velké haly

Obr. 53: Vnitřní síly v prstenci malé haly

Obr. 54: Řez prstencem malé haly

Obr. 55: Ztužení konstrukce pomocí ocelových táhel

Obr. 56: Výstup průhybů na 3D modelu ve Scii Engineer

Obr. 57: Výstup průhybů nosníků velké haly

Obr. 58: Výstup průhybů nosníků malé haly

Obr. 59: Detail čepového spoje v dolní části velké haly

Obr. 60: Detail čepového spoje v horní části velké haly

Obr. 61: Detail čepového spoje v dolní části malé haly

Obr. 62: Detail čepového spoje v horní části malé haly

Obr. 63: Vizualizace hal v noci

13 Seznam tabulek

Tab. 1: Zatížení střešní konstrukce velké a malé haly

14 Seznam použitých pramenů

- [1] Vazníková soustava. Boonstřechy - střechy vašich snů! [online]. Copyright © 2013 Boonstřechy[cit.14.09.2017].
Dostupné z: <http://www.boonstřechy.cz/sluzby/tesarstvi/vaznikova-soustava>
- [2] Skladba ocelové konstrukce - funkční řešení - UNIHAL. Montované haly - dobrá cena - UNIHAL [online]. Copyright © Unihal 2014 [cit. 14.09.2017]. Dostupné z: <https://www.unihal.cz/ocelove-konstrukce/skladba-ocelove-konstrukce>
- [3] Úvod | SPORTCENTRUM ŽELVA DUBŇANY. Úvod | SPORTCENTRUM ŽELVA DUBŇANY [online]. Dostupné z: <http://www.sportcentrumzelva.cz/>
- [4] Reference. INTERHALL - přetlakové haly, nafukovací haly, sportovní povrchy [online]. Copyright © 2012 Interhall s.r.o. [cit. 14.09.2017]. Dostupné z: <http://www.interhall.cz/cs/reference>
- [5] [online]. Dostupné z: <http://www.stavba.tzb-info.cz/ocelove-konstrukce/13876-ocelova-konstrukce-zastreseni-o2-areny>
- [6] Perth Arena - Tekla Global BIM Awards 2013. Tekla | Model-based software at the core of Trimble's structural engineering and construction offering. [online]. Copyright © Copyright 2013 Tekla [cit. 14.09.2017]. Dostupné z: <https://www.tekla.com/global-bim-awards-2013/steel-perth-arena.html>
- [7] Statika-Lukavec.cz [online]. Dostupné z: <http://www.statika-lukavec.cz/wp-content/gallery/zilina/6.jpg>
- [8] ČSN EN 1991-1-4. Eurokód 1: *Zatížení konstrukcí – Část 1-4: Obecná zatížení – Zatížení větrem*. Praha : Český normalizační institut, 2007.
- [9] ČSN EN 1991-1-1. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-1: Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb*. Praha: Český normalizační institut, 2006
- [10] ČSN EN 1991-1-3. *Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [11] ČSN EN 1990. Eurokód: *Zásady navrhování konstrukcí*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [12] ČSN EN 1995-1-1. Eurokód 5: *Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla – Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006.

- [13] ČSN EN 1993-1-1. Navrhování ocelových konstrukcí. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [14] Mapa zatížení sněhem na zemi. *Mapa zatížení sněhem na zemi* [online]. Dostupné z <http://www.snehovemapy.cz/>
- [15] ČSN EN 338. *Konstrukční dřevo - Třídy pevnosti*. 1. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [16] MACHÁČEK, Josef. *Navrhování ocelových konstrukcí: příručka k ČSN EN 1993-1-1 a ČSN EN 1993-1-8 ; Navrhování hliníkových konstrukcí : příručka k ČSN EN 1999-1*. Praha: Pro Ministerstvo pro místní rozvoj a Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2009. Technická knižnice (ČKAIT). ISBN 978-80-87093-86-3

15 Seznam výkresů

Výkres č.1	Půdorys 1.NP malá hala
Výkres č.2	Půdorys 1.NP velká hala
Výkres č.3	Půdorys 2.NP malá a velká hala
Výkres č.4	Řez A-A
Výkres č.5	Pohledy severní a jižní
Výkres č.6	Pohledy východní a západní
Výkres č.7	Detail dolního spoje velké haly
Výkres č.8	Detail dolního spoje malé haly
Výkres č.9	Detail horního spoje velké a malé haly
Výkres č.10	Detail skladeb
Výkres č.11	Umístění objektu

16 Seznam příloh

Příloha č.1 Posudek šroubů z programu FISCHER FIXPERIENCE

Příloha č.2 Výpis z Engineering Report

Příloha č.1 Posudek šroubů z programu FISCHER FIXPERIENCE



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

fischer international s.r.o.

Průmyslová 1833
25001 Brandýs nad Labem
Telefon: +42 03 26 90 46 01
Fax: +42 03 26 90 46 00
adam.vesely@fischer-cz.cz
www.fischer-cz.cz

Detaily návrhu

Kotva

Systém
Injektážní malta
Upevňovací element
Kotevní hloubka

fischer Injektážní systém FIS V
FIS V 360 S
Závitová tyč FIS A M 24 x 290, Ocel galvanicky zinkovaná,
pevnostní třída 5.8
180 mm



Design data

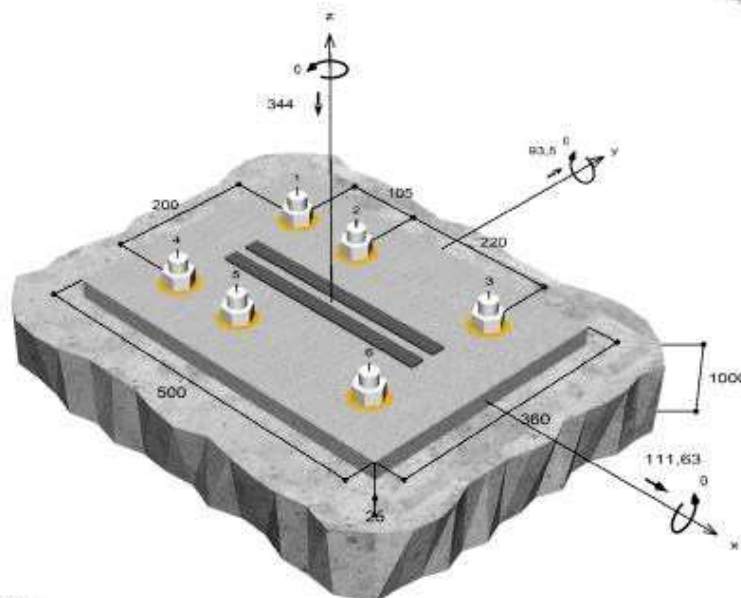
Návrh kotev dle Beton Evropský technický posudek
ETA-02/0024, Option 1,
Datum vydání 13.2.2017



Geometrie / Zatížení

mm, kN, kNm

Hodnoty návrhového zatížení (včetně součinitele bezpečnosti pro zatížení)



Neodpovídá měřítku

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 1



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

Vstupní data

Návrhová metoda	ETAG 001, TR 029, Příloha C, Metoda A
Kotevní podklad	Prostý beton nebo železobeton, C20/25, EN 206
Vlastnosti betonu	Tažený beton, Suchý otvor
Teplotní rozmezí	24 °C dlouhodobá teplota, 40 °C Krátkodobá teplota
Výztuž	Žádné nebo běžné armování. Bez výztuže, S výztuží proti rozštěpení
Metoda vrtání	Přiklepové vrtání
Typ montáže	Průvlečná montáž
Prstencová mezera	Prstencová mezera vyplněna
Druh zatížení	Statické
Distance	Bez ohybu
Tvar kotevní desky	500 mm x 360 mm x 25 mm
Typ profilu	Vlastní profil

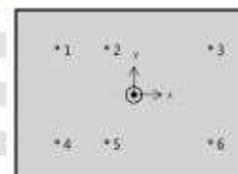
Návrhová zatížení *)

#	N _{ed} kN	V _{sd,x} kN	V _{sd,y} kN	M _{sd,x} kNm	M _{sd,y} kNm	M _{rd} kNm	Druh zatížení
1	-344,00	111,63	93,50	0,00	0,00	0,00	Statické

*) Požadovaný součinitel bezpečnosti pro zatížení je vzat do úvahy

Výsledné síly kotev

Kotva č.	Tahová síla kN	Smyková síla kN	Smyková síla x kN	Smyková síla y kN
1	0,00	22,50	17,55	14,07
2	0,00	23,20	17,55	15,18
3	0,00	24,78	17,55	17,50
4	0,00	24,18	19,66	14,07
5	0,00	24,04	19,66	15,18
6	0,00	26,32	19,66	17,50



Max. stlačení betonu : 0,06 ‰
Max. tlakové napětí v betonu : 1,9 N/mm²
Výsledné tahové síly : 0,00 kN, Poloha X/Y (0 / 0)
Výsledné tlakové síly : 344,00 kN, Poloha X/Y (0 / 0)

Únosnost ve smyku

Důkaz	Zatížení kN	Únosnost kN	Využití β _v %
Seřhání oceli bez ramene síly *	26,32	71,20	37,0
Seřhání betonu na opačné straně zatížení	145,61	213,73	68,1

* Nejnepříznivější kotva

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty

Strana 2



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

Selhání ocele bez ramene síly

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{Ms}} \quad (V_{Rd,s})$$



$V_{Rk,s}$ kN	γ_{Ms}	$V_{Rd,s}$ kN	V_{sd} kN	β_{ve} %
89,00	1,25	71,20	26,32	37,0

Kotva č.	β_{ve} %	Skupina N*	Rozhodující Beta
1	31,6	1	β_{vk1}
2	32,6	2	β_{vk2}
3	34,8	3	β_{vk3}
4	34,0	4	β_{vk4}
5	34,9	5	β_{vk5}
6	37,0	6	β_{vk6}

Selhání betonu na opačné straně zatížení

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,op}}{\gamma_{Mop}} \quad (V_{Rd,op})$$



$$V_{Rk,op} = k \cdot N_{Rk,p} = 2 \cdot 160,30 \text{ kN} = 320,60 \text{ kN}$$

Rovnice (5.7)

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{ec,Np} \cdot \Psi_{rc,Np}$$

Rovnice (5.2)

$$N_{Rk,p} = 61,07 \text{ kN} \cdot \frac{617826 \text{ mm}^2}{276676 \text{ mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,254 \cdot 0,937 \cdot 1,000 = 160,30 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{fk} = \pi \cdot 24 \text{ mm} \cdot 180 \text{ mm} \cdot 4,5 \text{ N/mm}^2 = 61,07 \text{ kN}$$

Rovnice (5.2a)

$$\Psi_{s,Np} = \min \left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{c_{cr,Np}} \right) = \min \left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{263 \text{ mm}} \right) = 1,000 \leq 1$$

Rovnice (5.2a)

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 - \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1)$$

Rovnice (5.2b)

$$\Psi_{g,Np} = 1,601 - \sqrt{\frac{175 \text{ mm}}{526 \text{ mm}}} \cdot (1,601 - 1) = 1,254 \geq 1$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef}} \cdot f_{ck,cube}} \right)^{1,5}$$

Rovnice (5.2g)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{6} - (\sqrt{6} - 1) \cdot \left(\frac{24 \text{ mm} \cdot 4,5 \text{ N/mm}^2}{2,3 \cdot \sqrt{180 \text{ mm}} \cdot 25,0 \text{ N/mm}^2} \right)^{1,5} = 1,601 \geq 1$$

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 3



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

$$\Psi_{ec,Npr} = \frac{1}{1 + \frac{2s_{cr}}{s_{cr,Npr}}} = \Psi_{ec,Npr} \cdot \Psi_{ec,Npr} = 0,971 \cdot 0,965 = 0,937 \leq 1$$

Rovnice
(5.21)

$$\Psi_{ec,Npr} = \frac{1}{1 + \frac{2s_{cr}}{s_{cr,Npr}}} = 0,971 \leq 1 \quad \Psi_{ec,Npr} = \frac{1}{1 + \frac{2s_{cr}}{s_{cr,Npr}}} = 0,965 \leq 1$$

$$\Psi_{ec,Npr} = 1,000$$

Rovnice (5.2)

$V_{Rk,op}$ kN	V_{Mop}	$V_{Rd,op}$ kN	V_{sd} kN	$\beta_{V,op}$ %
320,60	1,50	213,73	145,61	68,1

Kotva č.	$\beta_{V,op}$ %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3, 4, 5, 6	68,1	1	$\beta_{V,op,1}$

Únosnost kombinace tahu a smyku.

$$\beta_V = \beta_{V,op,1} = 0,68 \leq 1$$

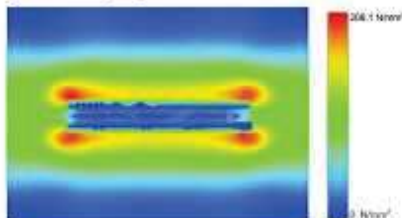


Zkouška úspěšná

(5.9)

Tloušťka kotevní desky

Model napětí



Podrobnosti kotevní desky

Tloušťka kotevní desky
Materiál kotevní desky
Modul pružnosti
Pevnost na mezi kluzu
Součinitel bezpečnosti
Poissonovo číslo
Využití

$t =$ 25 mm
 $E =$ 210 000 N/mm²
 $R_{p0,2} =$ 355 N/mm²
 $\gamma_M =$ 1,1
 $\nu =$ 0,3
 $\eta =$ 64 %

Typ profilu

Vlastní profil

Technické poznámky

Pokud je zadaná okrajová vzdálenost nižší než charakteristická ($c_{cr,N}$ - návrhová metoda A), měla by být přítomna podélná výztuž o průměru min. 6mm souběžná s okrajem betonové konstrukce a to po celé hloubce kotevních. Výpočet byl proveden s předpokladem, že je v kotevním podkladu podélná výztuž účinně bránící jeho rozštěpení. V tomto případě lze vypustit posouzení selhání rozštěpením.

Přenos zatížení prostřednictvím kotev do betonové konstrukce by měl být zohledněn při posuzování konstrukce na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti; posouzení by mělo být provedeno s ohledem na zatížení představované kotevemi. Pro ověření je nutné vzít do úvahy bezpečnostní standardy v souladu s platnými normami.

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 4



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

Informace k montáži

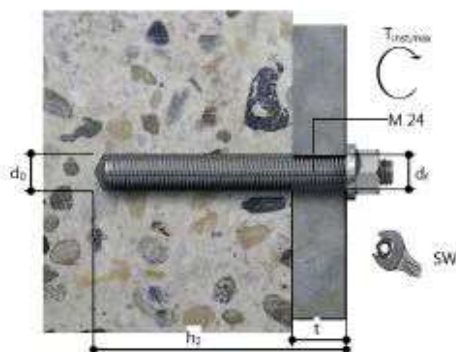
Kotva

Systém	fischer Injektážní systém FIS V	
Injektážní malta	FIS V 360 S (kartuše dalších rozměrů jsou k dispozici)	Kat. č. 43994
Upevňovací element	Závitová tyč FIS AM 24 x 290, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 5.8	Kat. č. 90294
Příslušenství	FIS Směšovač červený	Kat. č. 96448
	FIS prodlužovací hadička 9 mm	Kat. č. 48983
	Vytačovací pistole FIS DM S	Kat. č. 511118
	Nástroj pro čištění stlačeným vzduchem	Kat. č. 93286
	Stlačený vzduch ($p \geq 6$ bar)	Na stavbě
	Čistící kartáček BS 30	Kat. č. 90063
Alternativní kartuše	Upnutí SDS s vnitřním závitem	Kat. č. 511961
	Příklepový vrták SDS Max IV 28/250/370	Kat. č. 504240
	FIS V 950 S	Kat. č. 17101
	Zobrazené kartuše jsou alternativní k zvýrazněným kartuším výše se stejným číslem schválení.	



Detaily montáže

Průměr závitů	M 24
Průměr vyvrtaného otvoru	$d_0 = 28$ mm
Hloubka vyvrtaného otvoru	$h_2 = 205$ mm
Kotevní hloubka	$h_{ef} = 180$ mm
Metoda vrtání	Příklepové vrtání
Čištění vyvrtaného otvoru	4 x vyfouknout, 4 x vyčistit kartáčkem, 4 x vyfouknout
Typ montáže	Průvlečná montáž
Prstencová mezera	Prstencová mezera vyplněna
Maximální krouticí moment	$T_{instal,max} = 150,0$ Nm
Velikost klíče	36 mm
Tloušťka kotevní desky	$t = 25$ mm
t_{fix}	$t_{ef} = 25$ mm
$T_{fix,max}$	
Objem chemické malty na jednu kotvu	60 ml/30 Stupnice jednotek



Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 5



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

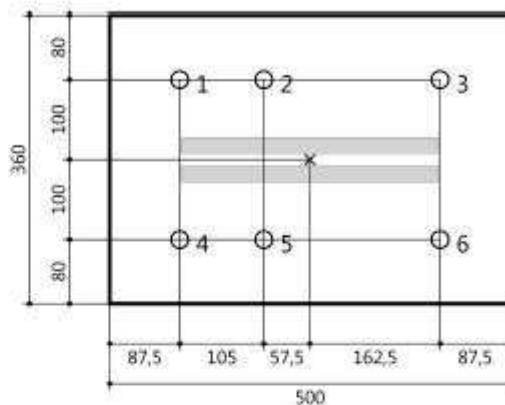
Podrobnosti kotevní desky

Materiál kotevní desky S 355 (St 52)
Tloušťka kotevní desky $t = 25 \text{ mm}$
Průměr otvoru v kotevní desce $d = 30 \text{ mm}$

Přípevňovaná součást

Typ profilu Vlastní profil
Profil čtverhranného dutého 15 mm
průřezu

Rozměry profilu		mm
Výška	20	
Šířka	320	



Souřadnice kotvy

Kotva č.	x mm	y mm
1	-162,5	100
2	-67,5	100
3	162,5	100
4	-162,5	-100
5	-67,5	-100
6	162,5	-100

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 6

Posudek šroubů malé haly



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

fischer international s.r.o.

Průmyslová 1833
25001 Brandýs nad Labem
Telefon: +42 03 26 90 46 01
Fax: +42 03 26 90 46 00
adam.vesely@fischer-cz.cz
www.fischer-cz.cz

Detaily návrhu

Kotva

Systém	fischer Injektážní systém FIS V
Injektážní malta	FIS V 360 S
Upevňovací element	Závitová tyč FISA M 20 x 245, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 5.8
Kotevní hloubka	150 mm

Design data

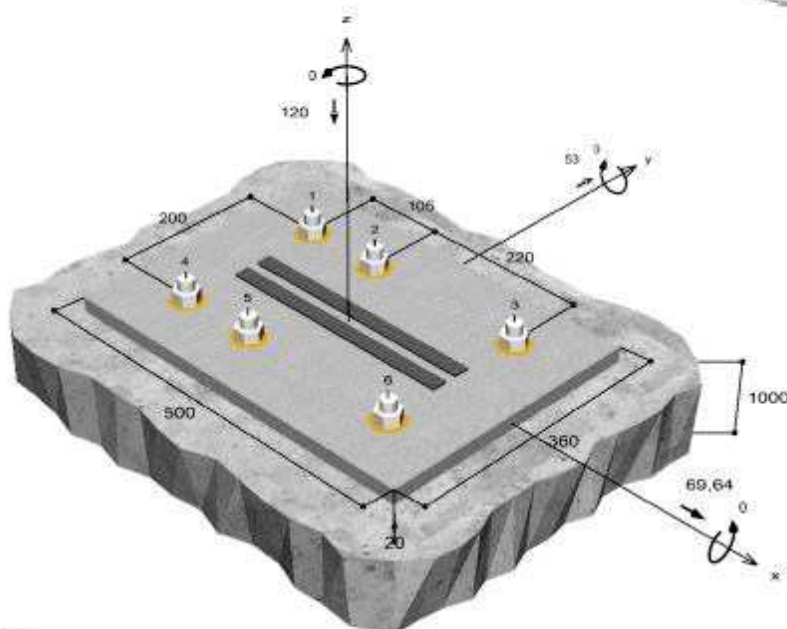
Návrh kotev dle Beton Evropský technický posudek
ETA-02/0024, Option 1,
Datum vydání 13.2.2017



Geometrie / Zatížení

mm, kN, kNm

Hodnoty návrhového zatížení (včetně součinitele bezpečnosti pro zatížení)



Neodpovídá měřítku

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 1



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

Selhání ocele bez ramene síly

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,s}}{\gamma_{M_s}} \quad (V_{Rd,s})$$



$V_{Rk,s}$ kN	γ_{M_s}	$V_{Rd,s}$ kN	V_{sd} kN	β_{vc} %
61,00	1,25	48,80	15,73	32,2

Kotva č.	β_{vc} %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1	27,9	1	$\beta_{vc,1}$
2	28,6	2	$\beta_{vc,2}$
3	30,4	3	$\beta_{vc,3}$
4	29,9	4	$\beta_{vc,4}$
5	30,6	5	$\beta_{vc,5}$
6	32,2	6	$\beta_{vc,6}$

Selhání betonu na opačné straně zatížení

$$V_{sd} \leq \frac{V_{Rk,op}}{\gamma_{Mcp}} \quad (V_{Rd,op})$$



$$V_{Rk,op} = k \cdot N_{Rk,p} = 2 \cdot 140,41 \text{ kN} = 280,83 \text{ kN}$$

Rovnice (5.7)

$$N_{Rk,p} = N_{Rk,p}^0 \cdot \frac{A_{p,N}}{A_{p,N}^0} \cdot \Psi_{s,Np} \cdot \Psi_{g,Np} \cdot \Psi_{cr,Np} \cdot \Psi_{se,Np}$$

Rovnice (5.2)

$$N_{Rk,p} = 51,84 \text{ kN} \cdot \frac{503750 \text{ mm}^2}{202500 \text{ mm}^2} \cdot 1,000 \cdot 1,169 \cdot 0,931 \cdot 1,000 = 140,41 \text{ kN}$$

$$N_{Rk,p}^0 = \pi \cdot d \cdot h_{ef} \cdot \tau_{Rk} = \pi \cdot 20 \text{ mm} \cdot 150 \text{ mm} \cdot 5,5 \text{ N/mm}^2 = 51,84 \text{ kN}$$

Rovnice
(5.2a)

$$\Psi_{s,Np} = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{c}{l_{cr,Np}}\right) = \min\left(1; 0,7 + 0,3 \cdot \frac{\infty}{225 \text{ mm}}\right) = 1,000 \leq 1$$

Rovnice
(5.2e)

$$\Psi_{g,Np} = \Psi_{g,Np}^0 \cdot \sqrt{\frac{s}{s_{cr,Np}}} \cdot (\Psi_{g,Np}^0 - 1)$$

Rovnice (5.2f)

$$\Psi_{g,Np} = 1,449 \cdot \sqrt{\frac{175 \text{ mm}}{450 \text{ mm}}} \cdot (1,449 - 1) = 1,169 \geq 1$$

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{n} - (\sqrt{n} - 1) \cdot \left(\frac{d \cdot \tau_{Rk}}{k \cdot \sqrt{h_{ef} \cdot f_{ct,cube}}}\right)^{1,5}$$

Rovnice
(5.2g)

$$\Psi_{g,Np}^0 = \sqrt{6} - (\sqrt{6} - 1) \cdot \left(\frac{20 \text{ mm} \cdot 5,5 \text{ N/mm}^2}{2,3 \cdot \sqrt{150 \text{ mm} \cdot 25,0 \text{ N/mm}^2}}\right)^{1,5} = 1,449 \geq 1$$

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 3



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

$$\Psi_{cc,Np} = \frac{1}{1 + \frac{2e}{s_{cc,sp}}} = \Psi_{cc,Npr} \cdot \Psi_{cc,Npy} = 0,970 \cdot 0,961 = 0,931 \leq 1$$

Rovnice (5.21)

$$\Psi_{cc,Npr} = \frac{1}{1 + \frac{2,7mm}{450mm}} = 0,970 \leq 1 \quad \Psi_{cc,Npy} = \frac{1}{1 + \frac{2,9mm}{450mm}} = 0,961 \leq 1$$

$$\Psi_{cc,Np} = 1,000$$

Rovnice (5.2)

V _{Rk,op} kN	V _{Ed,op} kN	V _{Ed,op} kN	V _{Ed} kN	β _{V,op} %
280,83	1,50	187,22	87,51	48,7

Kotva č.	β _{V,op} %	Skupina N°	Rozhodující Beta
1, 2, 3, 4, 5, 6	48,7	1	β _{V,op,1}

Únosnost kombinace tahu a smyku.

$$\beta_V = \beta_{V,op,1} = 0,47 \leq 1$$

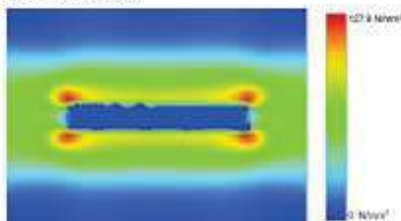


Zkouška úspěšná

(5.94)

Tloušťka kotevní desky

Model napětí



Podrobnosti kotevní desky

Tloušťka kotevní desky
Materiál kotevní desky
Modul pružnosti
Pevnost na mezi kluzu
Součinitel bezpečnosti
Poissonovo číslo
Využití

t = 20 mm
S 355 (St 52)
E = 210 000 N/mm²
R_{p0,2} = 355 N/mm²
γ_M = 1,1
ν = 0,3
η = 40 %

Typ profilu

Vlastní profil

Technické poznámky

Pokud je zadaná okrajová vzdálenost nižší než charakteristická (ccr,N - návrhová metoda A), měla by být přítomna podélná výztuž o průměru min. 6mm souběžná s okrajem betonové konstrukce a to po celé hloubce kotvení. Výpočet byl proveden s předpokladem, že je v kotevním podkladu podélná výztuž účinně bránící jeho rozštěpení. V tomto případě lze vypustit posouzení selhání rozštěpením.

Přenos zatížení prostřednictvím kotví do betonové konstrukce by měl být zohledněn při posuzování konstrukce na mezní stav únosnosti a mezní stav použitelnosti; posouzení by mělo být provedeno s ohledem na zatížení představované kotvami. Pro ověření je nutné vzít do úvahy bezpečnostní standardy v souladu s platnými normami.

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 4



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

Informace k montáži

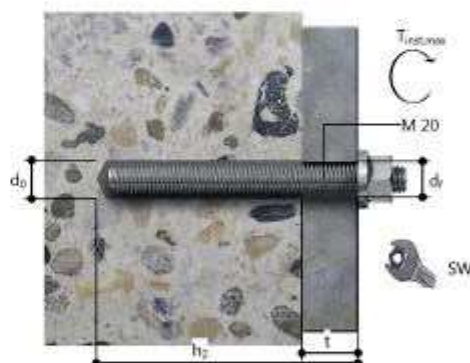
Kotva

Systém	fischer Injektážní systém FIS V	Kat. č. 43994
Injektážní malta	FIS V 360 S (kartuše dalších rozměrů jsou k dispozici)	Kat. č. 90292
Upevňovací element	Závitová tyč FIS AM 20 x 245, Ocel galvanicky zinkovaná, pevnostní třída 5.8	
Příslušenství	FIS Směšovač červený FIS prodlužovací hadička 9 mm Vytlačovací pistole FIS DM S Nástroj pro čištění stlačeným vzduchem Stlačený vzduch ($p \geq 6$ bar) Čističí kartáček BS 25 Upnutí SDS s vnitřním závitem Přilepový vrták SDS Max IV 24/200/320	Kat. č. 96448 Kat. č. 48963 Kat. č. 511118 Kat. č. 93286 Na stavbě Kat. č. 1495 Kat. č. 511961 Kat. č. 504228
Alternativní kartuše	FIS V 950 S Zobrazené kartuše jsou alternativní k zvýrazněným kartuším výše se stejným číslem schválení.	Kat. č. 17101



Detaily montáže

Průměr závitu	M 20
Průměr vyvrtaného otvoru	$d_0 = 24$ mm
Hloubka vyvrtaného otvoru	$h_2 = 170$ mm
Kotevní hloubka	$h_{ef} = 150$ mm
Metoda vrtání	Přilepové vrtání
Čištění vyvrtaného otvoru	4 x vyfouknout, 4 x vyčistit kartáčkem, 4 x vyfouknout
Typ montáže	Průvlečná montáž
Prstencová mezera	Prstencová mezera vyplněna
Maximální krouticí moment	$T_{inst,max} = 120,0$ Nm
Velikost klíče	30 mm
Tloušťka kotevní desky	$t = 20$ mm
t_{fix}	$t_{fix} = 20$ mm
$T_{fix,max}$	
Objem chemické malty na jednu kotvu	42 ml/21 Stupnice jednotek



Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 5



C-FIX 1.63.0.0
Verze databáze
2017.10.16.9.12
Datum
15.11.2017

fischer 
innovative solutions

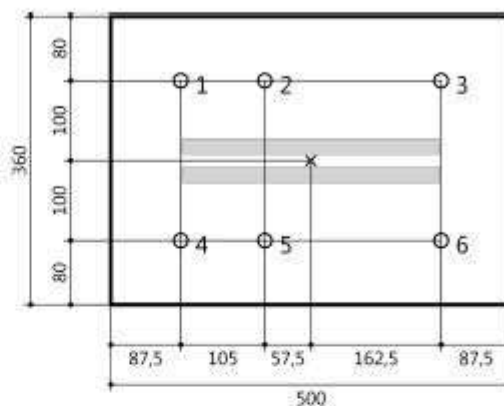
Podrobnosti kotevní desky

Materiál kotevní desky S 355 (St 52)
Tloušťka kotevní desky $t = 20 \text{ mm}$
Průměr otvoru v kotevní desce $d = 26 \text{ mm}$

Přípevňovaná součást

Typ profilu Vlastní profil
Profil čtverhranného dutého 15 mm
průřezu

Rozměry profilu		mm
Výška	20	
Šířka	320	



Souřadnice kotvy

Kotva č.	x mm	y mm
1	-162,5	100
2	-57,5	100
3	162,5	100
4	-162,5	-100
5	-57,5	-100
6	162,5	-100

Vstupní hodnoty a výsledky návrhu je nutné podrobit kontrole souladu s národními normami a certifikáty.

Strana 6

1. Projekt

Licenční jméno	Neznámé
Projekt	-
Část	-
Popis	-
Autor	-
Datum	22. 04. 2017
Konstrukce	Obecná XYZ
Poč. uzlů :	3289
Poč. prutů :	2069
Poč. ploch :	0
Poč. těles :	0
Poč. průřezů :	10
Poč. zat. stavů :	7
Poč. materiálů :	6
Tíhové zrychlení [m/s ²]	9,810
Národní norma	EC - EN

2. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Směr	Působení	Řídící zat. stav
	Spec	Typ zatížení				
Vlastní tíha		Stálé	SZ1	-Z		
		Vlastní tíha				
Sníh celý	Standard	Proměnné	Sníh		Krátkodobé	Žádný
		Statické				
Vítr	Standard	Proměnné	vítr1		Krátkodobé	Žádný
		Statické				
Skladba		Stálé	SZ1			
		Standard				
sníh půlka	Standard	Proměnné	Sníh		Krátkodobé	Žádný
		Statické				
sníh návátý	Standard	Proměnné	Sníh		Krátkodobé	Žádný
		Statické				
sníh návátý půlka	Standard	Proměnné	Sníh		Krátkodobé	Žádný
		Statické				

3. Skupiny zatížení

Jméno	Zatížení	Vztah	Typ
SZ1	Stálé		
Sníh	Proměnné	Výběrová	Sníh
vítr1	Proměnné	Výběrová	Vítr
vítr2	Proměnné	Výběrová	Zatížení od výstavby

4. Kombinace

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Msú2		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
Msú3		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Skladba	1,15
Msú4		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Sníh celý	0,75
			Skladba	1,35
Msú5		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Skladba	1,35
			sníh půlka	0,75
Msú6		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Skladba	1,35
			sníh návátý	0,75
Msú7		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Skladba	1,35
			sníh návátý půlka	0,75
Msú8		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Vítr	0,70
			Skladba	1,35
Msú9		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Sníh celý	0,75
			Vítr	0,70
			Skladba	1,35
Msú10		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Vítr	0,70
			Skladba	1,35
			sníh půlka	0,75

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Msú14		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh půlka	0,75
Msú15		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh návátý	0,75
Msú16		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh návátý půlka	0,75
Msú17		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,70
			Skladba	1,00
Msú18		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Sníh celý	0,75
			Vítr	0,70
			Skladba	1,00
Msú11		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Vítr	0,70
			Skladba	1,35
			sníh návátý	0,75
Msú12		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Vítr	0,70
			Skladba	1,35
			sníh návátý půlka	0,75
Msú13		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Sníh celý	0,75
			Skladba	1,00
Msú19		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,70
			Skladba	1,00
			sníh půlka	0,75
Msú20		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,70
			Skladba	1,00
			sníh návátý	0,75
Msú21		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,70
			Skladba	1,00
			sníh návátý půlka	0,75
Msú22		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Vítr	0,70
			Skladba	1,15
Msú23		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Sníh celý	1,50
			Skladba	1,15
Msú24		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Skladba	1,15
			sníh půlka	1,50
Msú25		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Skladba	1,15
			sníh návátý	1,50
Msú26		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Skladba	1,15
			sníh návátý půlka	1,50
Msú27		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Sníh celý	1,50
			Vítr	0,70
			Skladba	1,15
Msú28		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Vítr	0,70
			Skladba	1,15
			sníh půlka	1,50
Msú29		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Vítr	0,70
			Skladba	1,15
			sníh návátý	1,50
Msú30		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,15
			Vítr	0,70
			Skladba	1,15
			sníh návátý půlka	1,50
Msú31		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Sníh celý	1,50
			Skladba	1,00
Msú32		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh půlka	1,50

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Msú33		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh návátý	1,50
Msú34		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh návátý půlka	1,50
Msú35		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,00
			Sníh celý	1,50
			Vítr	0,70
Msú36		Lineární - únosnost	Skladba	1,00
			Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,70
Msú37		Lineární - únosnost	Skladba	1,00
			Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,70
Msú38		Lineární - únosnost	sníh návátý	1,50
			Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,70
Msú39		Lineární - únosnost	Skladba	1,00
			sníh návátý půlka	1,50
			Vlastní tíha	1,15
Msú40		Lineární - únosnost	Sníh celý	0,75
			Skladba	1,15
			Vlastní tíha	1,15
Msú41		Lineární - únosnost	sníh návátý	0,75
			Skladba	1,15
			Vlastní tíha	1,15
Msú42		Lineární - únosnost	sníh návátý půlka	0,75
			Skladba	1,15
			Vlastní tíha	1,15
Msú43		Lineární - únosnost	sníh návátý	1,15
			Vítr	1,30
			Vlastní tíha	1,15
Msú44		Lineární - únosnost	Skladba	1,15
			Vítr	1,30
			Sníh celý	0,75
Msú45		Lineární - únosnost	Skladba	1,15
			Vítr	1,30
			Vlastní tíha	1,15
Msú46		Lineární - únosnost	sníh návátý	0,75
			Skladba	1,15
			Vítr	1,30
Msú47		Lineární - únosnost	sníh návátý půlka	0,75
			Skladba	1,15
			Vítr	1,30
Msú48		Lineární - únosnost	Skladba	1,00
			Vítr	1,30
			Vlastní tíha	1,00
Msú49		Lineární - únosnost	Sníh celý	0,75
			Vítr	1,30
			Vlastní tíha	1,00
Msú50		Lineární - únosnost	Skladba	1,00
			Vítr	1,30
			Vlastní tíha	1,00
Msú51		Lineární - únosnost	sníh návátý	0,75
			Skladba	1,00
			Vítr	1,30
Msú52		Lineární - únosnost	sníh návátý půlka	0,75
			Skladba	1,00
			Vítr	1,30
Msp1	Lineární - použitelnost		Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
Msp2	Lineární - použitelnost		Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,40

Jméno	Popis	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
Msp3		Lineární - použitelnost	Skladba	1,00
			Vlastní tíha	1,00
			Sníh celý	1,00
			Skladba	1,00
Msp4		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh půlka	1,00
Msp5		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh návátý	1,00
Msp6		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh návátý půlka	1,00
Msp7		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Sníh celý	1,00
			Vítr	0,40
			Skladba	1,00
Msp8		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,40
			Skladba	1,00
			sníh půlka	1,00
Msp9		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,60
			Skladba	1,00
			sníh návátý	1,00
Msp10		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,40
			Skladba	1,00
			sníh návátý půlka	1,00
Msp11		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Sníh celý	0,50
			Skladba	1,00
Msp12		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh půlka	0,50
Msp13		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh návátý	0,50
Msp14		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Skladba	1,00
			sníh návátý půlka	0,50
Msp15		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,80
			Skladba	1,00
Msp16		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Sníh celý	0,50
			Vítr	0,80
			Skladba	1,00
Msp17		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,80
			Skladba	1,00
			sníh půlka	0,50
Msp18		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,80
			Skladba	1,00
			sníh návátý	0,50
Msú1		Lineární - únosnost	Vlastní tíha	1,35
			Skladba	1,35
Msp19		Lineární - použitelnost	Vlastní tíha	1,00
			Vítr	0,80
			Skladba	1,00
			sníh návátý půlka	0,50